



YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

YUZUNCU YIL UNIVERSITY

Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences

www.dergipark.gov.tr

ISSN 1300 - 5413

Yıl / Year : 2021

Cilt / Volume : 26

Sayı / Number : 1

YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Yuzuncu Yil University Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences

SAHİBİ / OWNER: REKTÖR

Prof. Dr. Hamdullah ŞEVLİ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörü

SORUMLU MÜDÜR / PUBLISHER MANAGER

Doç. Dr. Çeknaz ERDİNÇ

BAŞ EDITÖR / EDITOR-IN-CHIEF

Doç.Dr. Serhat KARACA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yardımcısı

YARDIMCI EDITÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKÜREK
Dr. Boran KARATAŞ

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Cemil TUNÇ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Csaba Szabo, Debrecen Üniversitesi
Prof. Dr. Çağdaş Hakan Aladağ, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Öz, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Feyyaz DURAP, Dicle Üniversitesi
Prof. Dr. Harun AKKUŞ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin MERDAN, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Kenan SÖĞÜT, Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Mahmut ELP, Kastamonu Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ZAHMAKIRAN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Nilgün KARADENİZ, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Sedat YAYLA, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Semra DEMİR, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç.Dr. Baran YOĞURTÇUOĞLU, Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Çeknaz ERDİNÇ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç. Dr. Erdal AĞLAR, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Doç. Dr. Harun AYDIN, Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ, Dumlupınar Üniversitesi
Doç. Dr. Sabri GÜL, Mustafa Kemal Üniversitesi
Dr.Öğr. Üyesi Zehra Funda TÜRKMENOĞLU, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Danielle Rodrigues Magalhaes, Zaragoza Üniversitesi
Dr. Erasmo Velázquez Cigarroa, Chapingo Autonomous Üniversitesi

İSTATİSTİK EDITÖRLERİ

Prof. Dr. Abdullah YEŞİLOVA, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Ecevit EYDURAN, Iğdır Üniversitesi

İNGİLİZCE DİL EDITÖRÜ

Dr. Öğr. Üyesi Cihan ÇAKMAKÇI, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

KAPAK TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇELİKYÜREK

YAZI İŞLERİ

Araş. Gör. Ogün Ozan VAROL – Yazım ve Dil Editörü

Araş. Gör. Bahar KALKAN

Araş. Gör. Murat TURAN

Yük. Müh. Mehmet ERZEN

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU (ADVISORY BOARD)

Prof. Dr. Berna UNUTMAZ (Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Müh.)

Prof. Dr. Cemil TUNÇ (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fak. Matematik)

Prof. Dr. Csaba Szabo, (Debrecen Üniversitesi, Tarım Bilimleri)

Prof. Dr. Çağdaş Hakan Aladağ, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fak.-İstatistik)

Prof. Dr. Fatih Öz (Atatürk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Gıda Müh.)

Prof. Dr. Feyyaz DURAP (Dicle Üniversitesi, Fen Fak.-Kimya)

Prof. Dr. Harun AKKUŞ (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fak. Fizik)

Prof. Dr. Hüseyin MERDAN (TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak.-Matematik)

Prof. Dr. Kenan SÖĞÜT, (Mersin Üniversitesi, Fen Fak.-Fizik)

Prof. Dr. Mahmut ELP (Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fak. Su Ürünleri)

Prof. Dr. Mehmet BOZOĞLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi)

Prof. Dr. Mehmet ZAHMAKIRAN (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fak.-Kimya)

Prof. Dr. Naci GENÇ (Yalova Üniversitesi Mühendislik Fak. Elektrik-Elektronik Müh.)

Prof. Dr. Nilgün KARADENİZ (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı)

Prof. Dr. Pervin KINAY (Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma)

Prof. Dr. Sedat YAYLA (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Makine Müh.)

Prof. Dr. Semra DEMİR (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma)

Prof. Dr. Yusuf UÇAR (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama)

Doç.Dr. Ahmet TEĞMEN (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fak. Maden Müh.)

Doç.Dr. Baran YOĞURTCUOĞLU (Hacettepe Üniversitesi Fen Fak.-Biyoloji)

Doç. Dr. Bihter Çolak ESETLİLİ (Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Toprak)

Doç.Dr. Cenk DÖNMEZ (Çukurova Üniversitesi Mimarlık Fak. Peyzaj Mim.)

Doç. Dr. Çeknas ERDİNÇ (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji)

Doç.Dr. Erdal AĞLAR (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Ziraat Fak.- Bahçe Bitkileri)

Doç.Dr. Gülsüm YILDIZ (Bolu İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fak. Tarla Bitkileri)

Doç. Dr. Harun AYDIN, (Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fak.-Jeoloji Müh.)

Doç.Dr. Halife KODAZ (Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak. Bilgisayar Müh.)

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ, (Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fak.- Jeoloji Müh.)

Doç. Dr. Merih Aydınalp KÖKSAL (Hacettepe Üniversitesi, Çevre Müh.)

Doç. Dr. Şebnem KUŞVURAN (Çankırı Karatekin Üniversitesi, Kızılırmak MYO, Bahçe Bitkileri)

Doç. Dr. Sabri GÜL (Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fak.-Zootečni)

Dr. Öğr. Üyesi Zehra Funda TÜRKMENOĞLU (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fak-Maden Müh)

Dr. Danielle Rodrigues Magalhaes, (Zaragoza Üniversitesi- Hayvansal Üretim ve Gıda Bilimi)

Dr. Erasmo Velázquez Cigarroa, (Chapingo Autonomous Üniversitesi-Sürdürülebilir Tarım)

Dr. Sibel Küçük Yıldırım, (Hacettepe Üniversitesi, Fen Fak., Moleküler Biyoloji ve Genetik)

YÖNETİM YERİ VE YAZIŞMA ADRESİ (CORRESPONDENCE ADDRESS)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Fen Bilimleri Enstitüsü Zeve Yerleşkesi 65080

VAN

Telefon :0(432) 225 11 23

Belgegeçer (Faks): 0(432) 225 11 23

e-posta:dergifenbilimleri@yyu.edu.tr

Cilt (Volume): 26

Sayı (Number): 1

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>

Basıldığı Yer ve Tarih: VAN, 2021

ISSN:1300-5413

DERGİ BİLGİLERİ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1300-5413 | **e-ISSN** 2667-467X | **Yayın Aralığı** Yılda 3 Sayı | **Başlangıç**: 1995

Yuzuncu Yil University Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences

JINAS

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Myxomycetes Growing on Culture Logs *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.
♦ Kumm. and *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler 1-10
Gönül EROĞLU, Sinan ALKAN, Gıyasettin KAŞIK
- Atrazin ve Metolachlor' un Bazı Buğday (*Triticum aestivum* L.)
♦ Varyetelerinde Büyüme Parametreleri ve GST Aktivitesi Üzerine Etkileri 11-18
Songül ÇANAĞCI GÜLENGÜL, Fadime KARABULUT
- Capsicum baccatum* Türüne Ait Biber Genotiplerinin Fenotipik Kök
♦ Özellikleri Yönünden Seleksiyonu 19-33
Aslı KANAL, Ahmet BALKAYA, Onur KARAAĞAÇ
- Donatı Elemanlarının Kentsel Alanlara Etkisi: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
♦ Kampüsü Örneği 34-44
Mustafa GÜLEN
- DFT Investigations on Structural, Electronic and Vibrational Properties of LuN
♦ under High Pressure 45-52
*Nazlı BOZ YURDAŞAN, Sinem ERDEN GULEBAĞLAN,
Gönül BİLGEÇ AKYÜZ, Aylın YILDIZ TUNALI*
- Tegenaria hasperi* Chyzer, 1897 ve *Tegenaria argaica* Nosek, 1905,
♦ (Araneae: Agelenidae) Türlerinin Sitogenetik Özelliklerinin Araştırılması 53-60
Şeyma CİVAN, Zübeyde KUMBIÇAK
-



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Research Article (Araştırma Makalesi)

Myxomycetes Growing on Culture Logs *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. and *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler

Gönül EROĞLU*¹, Sinan ALKAN², Gıyasettin KAŞIK¹

¹Selçuk University, Faculty of Science, Department of Biology, 42130, Konya, Turkey

²Selçuk University, Çumra School of Applied Sciences, Organic Agriculture Administration Department, 42500, Konya, Turkey

Gönül EROĞLU, ORCID No: 0000-0001-6323-2077, Sinan ALKAN, ORCID No: 0000-0001-7725-1957,

Gıyasettin KAŞIK, ORCID No: 0000-0001-8304-6554

*Corresponding author e-mail: gnleroglu@gmail.com

Article Info

Received: 17.07.2020

Accepted: 22.02.2021

Published: April 2021

Keywords

Cultivated mushroom,
Myxomycetes,
Moist chamber culture

Abstract: In this study, it was aimed to identify myxomycetes that develop on natural and synthetic logs used in culture mushroom cultivation. For this study, the logs brought from three different regions (Sızma village-Konya, Hadim-Konya, Yenice-Karabük) in 2015 and the synthetic logs were applied the procedure required for culture mushroom cultivation and then the spawn of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. and *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler were inoculated to the logs. The inoculated logs were taken to the mushroom growing room where climatic conditions such as humidity, temperature and lighting were provided automatically. While checking the growth of the cultivated fungi, it was observed that the myxomycetes plasmodium and sporocarp also developed on the culture logs. Myxomycetes develop on organic plant debris, which is their natural environment, and are also developed in the laboratory using the moist chamber technique. In this technique, humidity, temperature and light conditions are similar to the conditions applied in cultivated mushroom cultivation. As a result, myxomycetes developed without any extra treatment on the culture logs and the synthetic culture logs. The samples collected with their substrates were placed under protection by gluing them to cardboard and placing them in boxes. As a result of the diagnostic studies, 14 myxomycetes taxa belonging to 7 genera and 5 families were determined.

***Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. ve *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler Kültür Kütükleri Üzerinde Gelişen Miksomisetler**

Makale Bilgileri

Geliş: 17.07.2020

Kabul: 22.02.2021

Yayınlanma Nisan.2021

Anahtar Kelimeler

Kültür mantarı,
Myxomycetes,
Nem odası kültürü

Öz: Bu çalışmada kültür mantarı yetiştiriciliğinde kullanılan doğal ve sentetik kütükler üzerinde gelişen miksomisetleri tanımlamak amaçlanmıştır. Bunun için, 2015 yılında üç farklı bölgeden (Sızma köyü-Konya, Hadim-Konya, Yenice-Karabük) getirilen kütüklere ve sentetik kütüklere kültür mantarı yetiştiriciliği için gerekli olan prosedür uygulandı ve sonra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. ve *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler tohumluk miselleri aşılandı. Aşılanan kütükler nem, sıcaklık ve ışıklandırma gibi iklimik şartların otomatik sağlandığı mantar yetiştirme odasına alındı. Kültür mantarlarının gelişimi takip edilirken kütükler üzerinde miksomiset plasmodium ve sporokarplarının da geliştiği gözlemlendi. Miksomisetler doğal ortamları olan organik bitki döküntüleri üzerinde geliştiği gibi laboratuvar ortamında nem odası tekniğiyle de geliştirilir. Bu teknikte nem, sıcaklık ve ışık şartları kültür mantarı yetiştiriciliğinde uygulanan şartlara benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak kültür kütüklerine ve sentetik kültür kütüklerine fazladan herhangi bir işlem yapılmadan miksomisetler gelişti. Substratlarıyla beraber toplanan örnekler mukavvalara yapıştırılıp kutulara yerleştirilerek koruma altına alındı. Teşhis çalışmaları sonucunda 7 cins ve 5 familyaya ait 14 miksomiset takson tespit edildi.

1. Introduction

The *myxomycetes*, also commonly known as plasmodial or acellular slime moulds, are the most species-rich group within the Amoebozoa (Stephenson & Schnittler, 2016). Although there are significant developments regarding the geographical distribution, physiological development and genetics of myxomycetes, the information about the ecology of myxomycetes is quite limited (Stephenson & Stempen, 1994). Myxomycetes live on the debris of the forest as well as macrofungi, insects, mosses and lichens (Stephenson & Stempen, 1994). Generally, myxomycete fruiting bodies can occur wherever there is sufficient decaying organic matter with adequate moisture and moderate temperatures (Keller & Braun, 1999; Stephenson & Rojas, 2017).

Development of myxomycetes on different culture logs was reported in different studies (Hamashima 1964; Liu 1984; Lim et al. 1990; Zheng et al. 1995 and Chung et al. 1998). Also, Desrumaux et al. (2003) reported *Stemonitis herbatica* Peck and *Physarum compressum* Alb. & Schwein grown in *Pleurotus*-cultures carried out with pasteurised substrates under hygienic and climatologically controlled conditions. Lee et al. (2014) reported as a disease, *Stemonitis splendens* Rostaf. causing bark decay of oak logs used for *Lentinula edodes* cultivation in Korea.

Myxomycetes were reported as weak diseases on fungi developing on culture logs (Chung et al., 1998; Lee et al., 2014). However, myxomycetes are not pathogenic and they consume fungal hyphae and spores as nutrients (Keller & Everhart, 2010).

With the increase of environmental problems due to rapid industrialization and population growth, there is a big decrease in productive agricultural areas. One of the most important reasons for the widespread use of mushroom cultivation is the fact that it can be produced throughout the year without requiring fertile agricultural land (Eren & Pekşen, 2016).

Although mushroom cultivation is popular all over the world, myxomycetes are not known by people. In this study, it was aimed to show that not only culture mushrooms were developed on logs, but also myxomycetes and to introduce myxomycetes.

2. Materials and Methods

Myxomycetes, which are the subject of our study, were determined from the mushroom growing rooms of Selçuk University Mushroom Application and Research Centre (KONF). These rooms were specially designed for mushroom production and have air conditioning, irrigation and ventilation systems supported by automation systems. In addition to the white culture mushrooms, exotic mushrooms are still in progress in these rooms to improve the culture environments and increase the product productivity. Tree logs are mainly used for the cultivation of exotic mushrooms *P. ostreatus* and *L. edodes*.

Different tree logs (poplar, oak, willow, cherry, peach, beech, apple), which were cut from their natural environment and brought to mushroom cultivation and research laboratory, were prepared for mushroom cultivation. From the logs on which the myxomycetes developed were brought the oaks and the wheat stalks used in synthetic logs from Sızma village (Selçuklu-Konya), the poplar from Eyiste stream (Hadim-Konya), the beech from Fındıklı (Yenice-Karabük) in 2015 (Fig. 1). The tree logs were kept in water for one week after they were brought to fungarium. Spawn obtained from stock pure tissue cultures (*P. ostreatus* and *L. edodes*), which were planned to inoculation to logs, were prepared. After proper inoculation to the logs, the humidity was kept to 80-90% and the temperature was set to 24-26 °C for 25-30 days. Then, for the logs taken into the production room, the humidity was 85-90%, the temperature was 17 °C for *L. edodes* and 22 °C for *P. ostreatus*. Then the automation system was arranged to 12 hours day, and 12 hours night and the ventilation was 10 minutes per hour ventilation and fogging with water vapour was adjusted to 5 seconds every half hour. In the moist chamber technique applied for myxomycetes, the temperature is 24-25 °C and the humidity is 80-90%. Therefore, the climatic conditions of the production room are similar to the moist chamber technique, first used by Gilbert and Martin (1933). Therefore, it was possible to come across different types of fungi and even myxomycetes in production rooms. The mushroom growing work continued for a year. During this time, myxomycetes growing on the logs were collected.

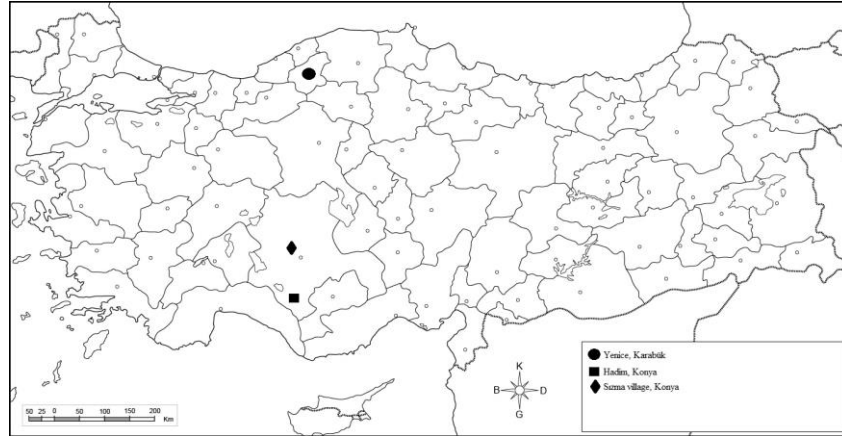


Figure 1. The places where culture logs are provided.

Myxomycetes on the logs were observed as plasmodium and sporocarp. Morphological observations and measurements were conducted under a Leica S8APO stereoscopic microscope. Microscopic characteristics were observed and measured from material mounted in a water droplet under a light microscope (Leica DM 750, Switzerland). The most common fruiting body type is a stalked sporangium, usually of definite size, shape, and colour, with internal structural parts that are used to identify species. Stalked sporangia with spores propagate most species of myxomycetes, each with a combination of morphological characteristics either present or absent; externally a hypothallus and stalk, and internally a columella and a capillitium (system of threads) interspersed with spores and surrounded by an acellular peridium or wall (Stephenson & Rojas, 2017). Samples were identified with the help of the illustrated books and literature (Martin & Alexopoulos, 1969; Martin et al., 1983; Nannenga-Bremekamp, 1991; Neubert et al., 1993; 1995; 2000; Stephenson & Stempfen, 1994; Ing, 1999; Poulain et al., 2011), taxonomic information from www.mycobank.org website and species names from www.eumycetozoa.com website was checked. The sporocarps were stored in KONF.

3. Results

As a result of this study, 14 taxa developed on *Populus* sp., *Fagus* sp., *Quercus* sp., and synthetic culture bags used as *Pleurotus* culture logs, and 3 taxa developed on oak used as *Lentinula* culture log. *P. didermoides* developed both on poplar bark and culture bags, while *P. depressa* developed on both poplar bark and oak bark. When we look at the distribution of species in the genus level *Physarum* 4, *Arcyria* 3, *Stemonitis* 2, *Mucilago* 1, *Perichaena* 1 were represented.

A total of 14 species were listed in (Fig 2a-n). Short descriptions, substrates and images of the taxa were given. These taxa were arranged alphabetically in each order.

Protista

Myxomycetes

Physarales

Didymiaceae

1. *Mucilago crustacea* P. Micheli ex F.H. Wigg.

(Fig. 2a)

Description: Aethalia usually solitary, pulvinat, pure white to creamy white, 1-7 cm long; hypothallus well developed, membranous to spongy; cortex dense, spongy, composed of calcareous crystals; capillitium consisting of a network of dark, branching and anastomosing threads; pseudocapillitium composed of the walls of the constituent tubes; spores black in mass, bright purplish brown by transmitted light, densely and unevenly verrucose, 11-13 μm in diameter.

Substrate: On synthetic culture logs of *P. ostreatus*

Physaraceae

2. *Physarum album* (Bull.) Chevall. (Fig. 2b)

Description: Stalk sporangia, gregarious, subglobose, grayish white, 0.3-0.7 mm in diameter and 1-1.5 mm tall; peridium encrusted with lime, the upper portion splitting into irregular fragments; stalk non-calcareous, slender, tapering, longitudinally wrinkled, and usually dark in colour; Capillitium physaroid, consisting of a network of colourless slender threads with interspersed small, white lime nodes; spores black in mass, pale lilaceous brown by transmitted light, minutely spinulose or nearly smooth, 8-10 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Quercus* sp. log

3. *Physarum compressum* Alb. & Schwein. (Fig. 2d)

Description: Sporangia scattered or gregarious, stipitate or less sessile, 0.8-1.5 mm in greatest diameter, fan-shaped, compressed-globose, calcareous; peridium single, thin, squamulose; stalk when present short, stout, dark brown; capillitium rather loose, the nodes white, variable in size and shape; spores purplish brown, warted, 10-12.5 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Fagus* sp. log

4. *Physarum didermoides* (Pers.) Rostaf. (Fig. 2c)

Description: Sporangia cylindrical or ovoid, 0.4-0.6 mm wide, stipitate or sessile, white, becoming blue-gray as outer is shed, the upper part of the outer wall often remaining as a prominent cap, densely aggregated, crowded; peridium double, the outer layer white, limy crustose, the inner layer membranous, translucent; stalk when present white, often flattened, connate with others through the irregularly reticulate; columella none, but pseudocolumella often present; capillitium abundant, the nodes angular, connected by hyaline tubules; spores black in mass, very dark purplish brown by transmitted light, densely spiny, 12-15 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

Trichiales

Arcyriaceae

5. *Arcyria cinerea* (Bull.) Pers. (Fig. 2e)

Description: Sporangia stipitate, scattered, gregarious subcylindrical or ovoid, 0.1-0.8 mm in diameter, 0.3-4 mm tall, pale gray or drab to pallid; peridium fugacious except for fragments which not rarely remain attached to the expanded capillitium; calyculus concolorous, rather small, sulcate below, smooth or delicately stippled within; stalk slender, concolorous or darker, often nearly black, crowded with spore-like cells, 0.2-2 mm high; capillitium concolorous, firmly attached to the cup, the meshes close, the threads of the upper part 1.5-4 µm in diameter, densely covered with blunt spinules, occasionally also with cogs, bands or reticulations; spores pale gray or yellowish in mass, colourless by transmitted light, with a few scattered, inconspicuous warts, 6-7 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Quercus* sp. log

6. *Arcyria denudata* (L.) Wettst. (Fig. 2f)

Description: Sporangia crowded or gregarious, stalked, ovoid or short-cylindrical, tapering upward, 2-6 mm tall, 0.4-1.2 mm wide when expanded, pompeian red to brick-red, weathering to brown; peridium evanescent except for the plicate calyculus; stalk dark or concolorous, striate, ascending from a small hypothallus, 0.5-1.5 mm long; capillitium elastic, usually erect, bright red or carmine, the threads 3-4 µm in diameter, marked with a series of rather distant cogs or half-rings arranged spirally around the axis, attached to the whole inner surface of the calyculus; spores red or reddish brown in mass, colourless by transmitted light, with a few scattered warts, 6-8 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

7*. *Arcyria obvelata* (Oeder) Onsberg (Fig. 2g)

Description: Sporangia crowded, cylindrical, 1.5-2 mm tall, 0.3-0.5 mm broad, expanding to a length of 4-12 mm and then lax and dropping, at first bright yellow, but soon changing to pale

*This species was presented as an orally at the 2nd International Eurasian Mycology Congress European (Eroğlu et al., 2019).

ochraceous, short stipitate or sessile by an acute base on an extensive membranous hypothallus; peridium fugacious, leaving a shallow, translucent yellowish calyculus, spinulose-reticulate within; capillitium concolorous, extremely elastic, scarcely attached at the base, the threads 3-4 μm in diameter, marked with spines, half-rings, and irregular reticulations; spores buff or ochraceous in mass, nearly colourless by transmitted light, scattered warts, 7-8 μm in diameter.

Substrate: On basidiocarp of *Cerrena unicolor*

Trichiaceae

8. *Perichaena depressa* Lib.

(Fig. 2h)

Description: Sporangia depressed-pulvinate, crowded and polygonal by mutual contact, 0.1-1 mm in diameter, chestnut to dark purplish brown; peridium double, the outer wall sometimes hoary from evaporation residue or covered with amorphous or crystalline lime, closely appressed to the membranous inner; dehiscence circumscissile, by a definite preformed lid; capillitium of slender, simple or branched, yellow threads 2-3 μm in diameter, minutely warted or spiny and often displaying numerous elliptic or globose expansions, usually abundant but sometimes rather scanty; spores deep yellow in mass, paler by transmitted light, minutely warted, 9-12 μm in diameter.

Substrate: On bark of *Quercus* sp. log and *Fagus* sp. log

9. *Trichia scabra* Rostaf.

(Fig. 2i)

Description: Sporangia sessile, crowded upon a well-developed, dark hypothallus, globose or turbinate, 0.5-0.7 mm in diameter, dull orange; peridium delicate, smooth, shining; capillitium mass deep yellow to rusty orange, the elaters simple, long, 5-6 μm in width, bearing three or four closely wound, regular, spinulose spiral bands, the apices short, acuminate; spores yellow or orange in mass, yellow by transmitted light, the surface marked by a delicate, fine-meshed reticulum 10-12 μm in diameter.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

10. *Trichia varia* (Pers. ex J.F.Gmel) Pers.

(Fig. 2j)

Description: Sporangia gregarious or crowded, globose, obovoid or somewhat elongate, 0.5-0.9 mm broad, sessile or with a short, black stalk, yellow-brown, encrusted, or membranous and then shining; capillitium of rather long, simple, 3-5 μm in diameter, bearing two or rarely three irregular spiral bands, these prominent and narrow and in places remote, the apices acute, curved, about twice the diameter in length; spores yellow-orange-yellow in mass, dull pale yellow by transmitted light, delicately warted, 12-14 μm in diameter.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

Stemonitidales

Stemonitidaceae

11. *Comatricha alta* Preuss

(Fig. 2k)

Description: Sporangia in groups, 3-6 mm tall, ovoid or shortly cylindrical, rounded at apes and base, dark brown; hypothallus discoid or continuous under a group, red-brown; stalk usually several times longer than the sporangium, black usually opaque, except at the base, where a number of opaque fibres seem intertwined; columella almost or completely reaching to the apes of the sporangium, blunt and sometimes a little widened at the end; capillitium abundant, brown, connected to the columella predominantly at the base, threads branched and forming wavy loops, hardly anastomosing, with some free, swollen ends, mainly in the base of the sporangium, when the sporangium is ripe the upper part of the capillitium falls away from the columella and extends as a long plume which often catches on the adjacent sporangia giving them a cob-web appearance; spores lilac-brown in transmitter light, 7.5-9 μm in diameter, with a small round, pale germination area and cover with very small pale warts.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

12. *Comatricha nigra* (Pers. ex J.F. Gmel.) J. Schröt.

(Fig. 2l)

Description: Sporangia scattered or gregarious, stipitate, globose, ovate or short-cylindric, erect, black or dark brown, becoming ferruginous when blown; total height 2-8 mm; stalk black, hair-like, relatively long, usually 2-6 times the length of the sporangium; columella reaching to the middle

or upper part of the sporangium, there merging into the capillitium; capillitium intricate, the threads slender, flexuous, branching and anastomosing freely and forming a dense net; spores black in mass, dark violaceous by transmitted light, faintly warted to nearly smooth, 9-10 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

13. *Stemonitis foliicola* Ing

(Fig. 2m)

Description: Sporangia in tufts, dark brown, irregularly cylindrical, stalked, about 3 mm tall and about 0.3 mm in diameter; hypothallus continuous under the entire group, brown, membranous; stalk slender, black, in transmitted light either opaque or hollow and red-red-brown, ¼-1/3 of the total height; peridium fugacious except for some discs which remain hanging loose on the capillitium and fall off as the sporangia dry and separate; columella an extension of the stalk, opaque, irregular; capillitium connected to the columella over the whole length, internal net rather lax, flexuous with membranous expansions in the axils, gradually tapering toward the surface and merging into an irregular surface net with outwards-pointing spines and some free ending branches; spores violet-grey in transmitted light; 8-9 µm in diameter, with a small-meshed reticulum of rows of spines.

Substrate: On bark of *Populus* sp. log

14. *Stemonitis virginiensis* Rex

(Fig. 2n)

Description: Sporangia cylindric or elongate-ovate, blunt or slightly acuminate above, violaceous-brown, 2-6 mm tall, gregarious in small clusters on a common hypothallus; stalk black, shining, 0.5-2 mm tall, one-fourth to one-third the total height; columella reaching the apex, giving rise to a delicate capillitium, the ultimate branches united with the small-meshed surface net which tends to fall away above; spores bright in mass, pale lilac-brown by transmitted light, marked by a sharp reticulation of narrow bands connecting prominent warts, 6-7 µm in diameter.

Substrate: On bark of *Fagus* sp. log

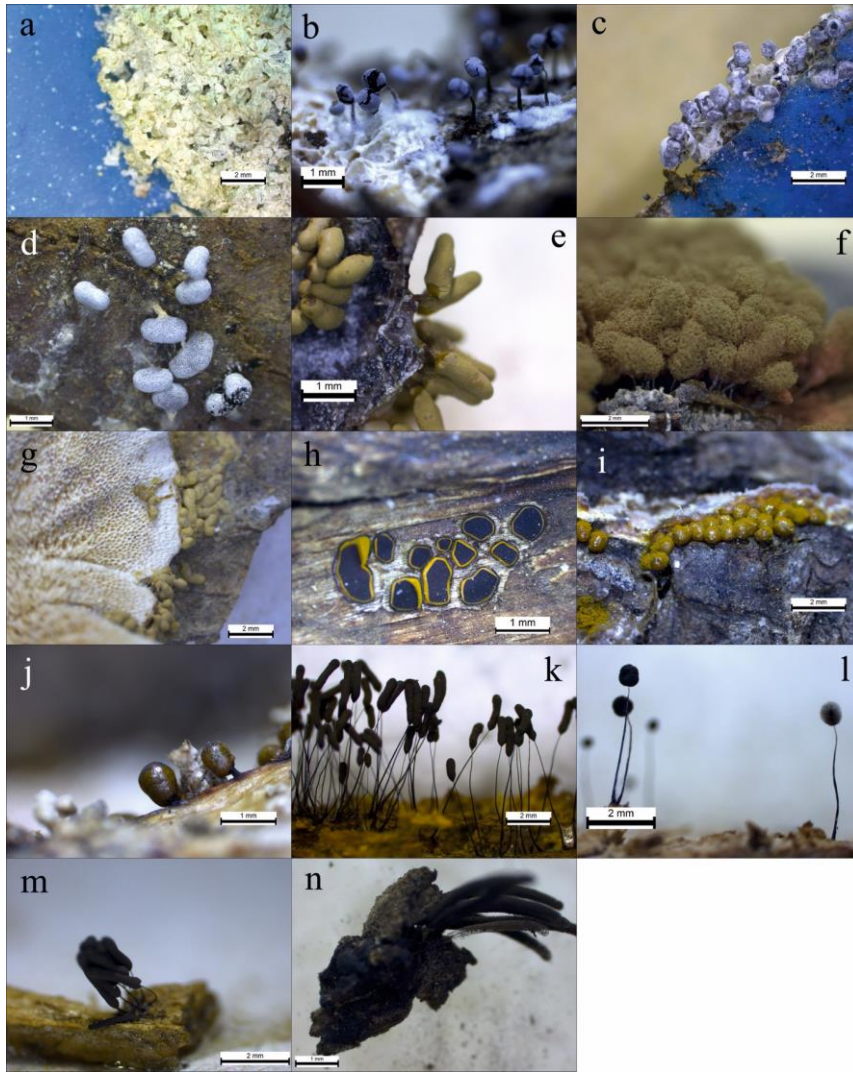


Figure 2. Sporocarps of *Myxomycetes*. a. *Mucilago crustacea* b. *Physarum album* c. *Physarum didermoides* d. *Physarum confertum* e. *Arcyria cinerea* f. *Arcyria denudata* g. *Arcyria obvelata* h. *Perichaena depressa* i. *Trichia scabra* j. *Trichia varia* k. *Comatricha alta* l. *Comatricha nigra* m. *Stemonitis foliicola* n. *Stemonitis virginiensis*

4. Discussion and Conclusion

Chung et al. (1998), *Arcyria cinerea*, *A. denudata*, *S. virginiensis* species identified on the *Lentinula* culture logs. In our study, these species developed on poplar culture logs. Only *P. album* (Chung et al., 1998) grows on oak culture stump in both studies.

A. obvelata developed on a different medium in terms of substrate as it developed on *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill. *C. unicolor* developed spontaneously on *Pleurotus* culture logs. In this study, *A. obvelata* was evaluated as fungicolous myxomycete (Eroğlu et al., 2019). Again, from Turkey in the first fungicolous myxomycete *A. incarnata* were reported to develop on *Fomes fomentarius* (Yıldız & Dülger, 2015). It was also found substrates such as on decayed log of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* (Ergül & Akgül, 2011), on fallen branches of *Pinus brutia* (Baba, 2012a), on decayed log of *Salix* sp., on stamp bark and wood of *Populus* sp. (Eroğlu & Kaşık, 2013b), on debris branches and leaf (Baba, 2015), on bark of living *Pinus brutia* (Oskay & Tüzün, 2015), on log barks of *Platanus orientalis* (Eroğlu et al., 2015), on dead wood (Baba et al., 2016), on wood of *C. libani* (Çağlar et al., 2016), on debris wood (Baba, 2017).

Although myxomycetes were mentioned as weak diseases on cultivated mushrooms, they were not pathogenic (Ing, 1994). In our study, no specimens developed on basidiocarp of culture fungi. It was found only on the bark of poplar, beech and oak culture logs.

When we investigated the information given in other studies of the 14 taxa, given in our study, it was observed that they developed on very different substrates. When looking at the studies, it was seen that *Physarum album*, *P. didermoides*, *Arcyria cinerea*, *Comatricha nigra* and *Perichaena depressa*.

Physarum album was determined on decaying log of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* Mattf (Ergül & Akgül, 2011), on *Pinus brutia* Ten. (Oskay & Tüzün, 2015), (Zümre et al., 2019), on debris barks of *Pinus* sp. L., *Quercus* sp. L., *Cupressus* sp. L. (Baba et al., 2018).

P. didermoides was determined on barks of living *Juniperus* sp. L., *Ulmus* sp. L., *Cerasus* sp. L., *Juniperus foetidissima* Wild., on debris barks of *Cedrus libani* A. Rich., *Cerasus* sp., *J. foetidissima*, *J. oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*, *Morus* sp. L., *Pinus nigra* Arnold, *Populus* sp. L., *Quercus* sp. and *Quercus trojana* Webb (Eroğlu & Kaşık, 2013b).

Arcyria cinerea is the most identified species in most studies. *A. cinerea* was found on barks of living *Pinus* sp. (Eroğlu & Kaşık, 2013a; Eroğlu et al., 2014; Baba et al., 2018), *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* (Ergül & Akgül, 2011), *Acer* sp. (Baba, 2012b), on barks of *Quercus* sp. (Baba et al., 2012; Baba et al., 2018), on barks of living *Cerasus*, on log wood of *Platanus* sp., on debris wood of *Populus* sp., *Quercus* sp., *Salix* sp., on *Cedrus libani* (Eroğlu & Kaşık, 2013a), on debris wood of *Populus* sp., *Cupressus* sp. (Baba et al., 2018), on debris wood of *Pinus brutia* (Zümre et al., 2019).

Comatricha nigra is the second most detected taxon on different substrates. These substrates were on debris of *Pinus nigra* (Eroğlu & Kaşık, 2013a), on debris wood of *Pinus brutia*, (Baba et al., 2012), on barks of *Cedrus libani*, on barks of *Juniperus foetidissima*, on debris of *Juglans* sp. L., on barks of *Juniperus* sp., on barks of *Pyrus elaeagnifolia* Pall., *Quercus* sp., on log of *Salix* sp., on debris wood of *Pinus* sp. (Eroğlu & Kaşık, 2013a), on debris wood of *Pinus* sp. (Eroğlu et al., 2015), on banches of *P. brutia* (Oskay & Tüzün, 2015), on debris of *Quercus* sp., on debris wood of *Pinus* sp., *Cupressus* sp., *Cirsium* sp. Mill. (Baba et al., 2018), *Quercus* sp., *P. brutia* (Zümre et al., 2019).

Perichaena depressa was reported to develop on almost any substrate. *P. depressa* was identified on *Acer* sp. L. (Baba, 2012b), on debris of *Prunus armeniaca* L., *Cedrus libani*, *Cerasus* sp., *Cydonia* sp. L., *Ficus* sp. L., *Juniperus foetidissima*, *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* sp., *Malus* sp. Mill., *Morus* sp., *P. nigra*, *Persica* sp., *Platanus* sp., *Populus* sp., *Pyrus* sp., *Quercus cerris* var. *cerris* (Willd.) Loudon, *Q. trojana*, *Rosa* sp. L., *Salix* sp., *Vitis* sp. (Eroğlu & Kaşık, 2013a), on debris wood on *Cupressus* sp., *Pinus* sp., *Quercus* sp. (Baba et al., 2018).

1050 myxomycetes taxa have been identified in the world (Lado, 2005-2020), while 286 taxa have been identified in Turkey (Baba and Sevindik, 2019). In the investigation of myxomycetes of a region, hundreds (150-500) of materials can be collected in field studies and at least 20 to 50 samples can be determined as a result of laboratory studies (individual studies). Identifying 14 taxa on approximately 20 culture logs without a moisture chamber technique preparation step is quite good for study. In conclusion, our study is the first study about developing myxomycete in the culture of *Pleurotus* and *Lentinula* mushroom growing room in Turkey. The myxomycete samples were stored in KONF.

References

- Baba, H. (2012a). Myxomycete diversity of Spil Mountain National Park (Manisa) Turkey. *OT Sistemik Botanik Dergisi*, 19(2): 137-149.
- Baba, H. (2012b). Myxomycetes of Mustafa Kemal University campus and environs (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 36, 769-777.
- Baba, H. (2015). Investigation of myxomycetes diversity on Kuseyr Mountain; three new records in Hatay/Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(11c): 4077-4086.
- Baba, H. (2017). Some Mycetozoa (Myxomycetes) members from Zorkun High Plateau (Osmaniye). *Anatolian Journal of Botany*, 1(2), 37- 40. doi:10.30616/ajb.347785
- Baba, H., Gelen, M.& Sevindik, M. (2018). Taxonomic investigation of myxomycetes in Altınözü Turkey. *Mycopath*, 16 (1), 23-31. doi:10.18466/cbayarfb.423334

- Baba, H., Gelen, M. & Zümre, M. (2012). Celal Bayar Üniversitesi (Manisa) Muradiye Kampüs alanında yayılış gösteren plasmodial cıvık mantarların (Myxomycota) yayılışı ve ekolojisi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi (BİBAD)*, 5(2), 127-130.
- Baba, H. & Sevindik, M. (2019). Mycetozoa of Turkey (Checklist). *Mycopath*, 7(1): 1-14.
- Baba, H., Zümre, M. & Gelen, M. (2016). An investigation on North Adana (Turkey) Myxomycetes. *Chiang Mai Journal of Science.*, 43(1): 54-67.
- Chung, C. H., Liu, C. H. & Tzean, C.H. (1998). Slime molds in edible mushroom cultivation sites. *PlantPathologyBulletin*, 7, 141-146.
- Çağlar, A., Eroğlu, G. & Kaşık, G. (2016). Tekke bölgesinin (Elmalı-Antalya) miksomisetleri. *Mantar Dergisi*, Nisan 7(1): 18-23.
- Desrumaux, B., Sedeyn, P., Demeulemeester, M. & Calus, A. (2003). *Physarum compressum* and *Stemonitisherbatica* in controlled indoor *Pleurotus* cultures. *Micologia Aplicada International*, 15(1), 1-6.
- Eren, E. & Pekşen, A. (2016). Türkiye'de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 4(3), 189-196. doi:10.24925/turjaf.v4i3.189-196.595
- Ergül, C. C. & Akgül, H. (2011). Myxomycete Diversity of Uludağ National Park, Turkey. *Mycotaxon*, 116, 479-490.
- Ergül C. C. & Dülger B. (2002). Two new records of myxomycetes taxa for Turkish mycoflora. *OT Sistemik Botanik Dergisi*, 9(1): 129-136.
- Eroğlu, G., Alkan, S. & Kaşık, G. (2019). *Cerrena unicolor* üzerinde gelişen bir fungikol miksomiset *Arcyria obvelata*. 2nd International Eurasian Mycology Congress (EMC'19), Selçuk University Mushroom Application and Research Center, Konya. Book of Proceeding and Abstract 96-97.
- Eroğlu, G. & Kaşık, G. (2013a). Myxomycete of Hadim and Taşkent district (Konya/Turkey) and their ecology. *Biological Diversity and Conservation*, 6(3), 120-127.
- Eroğlu, G. & Kaşık, G. (2013b). Six new myxomycete records from Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(1): 75-78.
- Eroğlu, G., Kaşık, G., Öztürk, C. & Aktaş, S. (2015). Karacaören Baraj Gölü (Bucak-Burdur) çevresinin miksomisetleri. *Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fen Dergisi*, 41, 76-82.
- Eroğlu, G., Öztürk, C., Kaşık, G., Doğan H. H., Aktaş, S. & Alkan, S. (2014). Some myxomycete from Çivril (Denizli-Turkey) province. *Journal of Selçuk University Natural and Applied Science*, 3(4), 21-26.
- Eumycetozoa, (2020). <https://eumycetozoa.com/data/index.php/> Date of access: 01.12.2020.
- Gilbert, H. C. & Martin, G. W. (1933). Myxomycetes found on the bark of living trees. *University of Iowa Studies in Natural History*, 15: 3-8.
- Hamashima, S. (1964). Seasonal aspects of slime moulds on shiitake. *Journal of Japan Botany*, 39: 189-192.
- Ing, B. (1994). The phytosociology of *myxomycetes*. *New Phytologist*, 126, 175-201. doi:10.1111/j.1469-8137.1994.tb03937.x
- Ing, B. (1999). *The myxomycetes of Britain and Ireland*. The Richmond Publishing Co. Ltd., England.
- Keller, H. W. & Braun K. L. (1999). *Myxomycetes of Ohio: Their Systematics, Biology, and Use in Teaching* (Ohio Biological Survey Bulletin New Series. Vol. 13, No. 2). Ohio Biological Survey, Columbus, OH.
- Keller, H. W. & Everhart, S. E. (2010). Importance of myxomycetes in biological research and teaching. *Papers in Plant Pathology*, 366.
- Lado, C. (2005-2020). An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. <http://www.nomen.eumycetozoa.com>. Date of access: 09.12.2020.
- Lee, J. H., Kim, D. R. & Kwak, Y. S. (2014). First report of *Stemonitis splendens* Rostaf. causing bark decay of oak logs used for shiitake cultivation in Korea. *Mycobiology*, 42(3), 279-281. doi:10.5941/myco.2014.42.3.279
- Lim, G., Lim, K. Y. & Tan, K. K. (1990). Fungal contaminants of shiitake "logs" in Singapore. *Mushroom J. Topics*, 10 (4): 101-104.
- Liu, C. H. (1984). The world of slime molds-common species occur on shiitake. *Mycological Society Republic of China Newspaper*, 1(1), 8-10.
- Martin, G. W. & Alexopoulos C. J. (1969). *The Myxomycetes*. University of Iowa, Iowa City.

- Martin, G. W., Alexopoulos, C. J. & Farr, M. L. (1983). *The genera of myxomycetes*. University of Iowa, Iowa City.
- Mycobank, (2020). <https://www.mycobank.org/page/Simple%20names%20search>/Date of access: 01.12.2020.
- Nannenga-Bremekamp, N. E. (1991). *A Guide to Temperate Myxomycetes*. Biopress Limited, 17 Wimbledon Road, Bristol, BS6 7 YA, England.
- Neubert, H., Nowothy, W. & Baumann, K. (1993). *Die Myxomyceten: Ceratiomyxales, Echinosteliales, Liceales, Trichiales* (Vol. 1). Lubrecht & Cramer Limited.
- Neubert, H., Nowothy, W. & Baumann, K. (1995). *Die Myxomyceten: Physarales* (Vol. 2). Lubrecht & Cramer Limited.
- Neubert, H., Nowothy, W., Baumann, K. & Marx, H. (2000). *Die Myxomyceten: Stemonitales* (Vol 3). Lubrecht & Cramer Limited.
- Oskay, M. & Tüzün, Ö. (2015). Kemalpaşa ve çevresi (İzmir) mikrobiotasının belirlenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 59-68.
- Poulain, M., Meyer, M. & Bozonnet, J. (2011). *Les Myxomycètes*. Féd Mycol Bot Dauphiné-Savoie, Delémont.
- Stephenson, S. L. & Rojas, C. (2017). Introduction. In: Stephenson SL, Rojas C. (eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Academic Press, Massachusetts.
- Stephenson, S. L. & Schnittler M. (2016). *Myxomycetes*. In: Archibald J. et al. (eds) Handbook of the Protists. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-28149-0_44.
- Stephenson, S. L. & Stempen, H. (1994). *Myxomycetes a Handbook of Slime Molds*. Timber Pres, Portland, Oregon, USA.
- Yıldız, İ. & Dülger, B. (2015). Türkiye’den ilk fungikol miksomiset kaydı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, 350-356.
- Zheng, C. C., Chen, J. C., Lu, C. P. & Pan, C. H. (1995). *Common Diseases and Pests of Edible Mushrooms*. Science & Education Press.
- Zümre, M., Baba, H. & Sevindik, M. (2019). Investigation of myxomycetes in Selcen Mountain (Turkey) and its close environs. *Eurasian Journal of Forest Science*, 7(3), 284-292.doi:10.31195/ejejfs.594853



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Atrazin ve Metolachlor' un Bazı Buğday (*Triticum aestivum* L.) Varyetelerinde Büyüme Parametreleri ve GST Aktivitesi Üzerine Etkileri

Songül ÇANAKCI GÜLENGÜL^{*1}, Fadime KARABULUT¹

¹ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 23169, Elâzığ, Türkiye
Songül ÇANAKCI GÜLENGÜL, ORCID No:0000-0002-5731-6175, Fadime KARABULUT, ORCID No:0000-0001-5186-2303

* Sorumlu yazar e-posta: scanakci77@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 24.09.2020
Kabul: 24.02.2021
Yayınlanma Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Buğday
Triticum aestivum L.,
Atrazin,
Metolachlor,
Oksidatif Stres,
GST

Öz: Bu çalışmada, üç buğday varyetesine ait fidelerde, atrazin ve metolachlor herbisitlerinin farklı konsantrasyonlarının yarattığı toksik etkiye bağlı fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler araştırılmıştır. Bitki materyali olarak, *Triticum aestivum* L. türüne ait buğday Bayraktar, İkizce ve Tosunbey cv. tohumları kullanılmıştır. Her bir buğday varyetesi için 15 günlük fideler, aynı sayıda fideden oluşan 4 gruba ayrılmış ve adı geçen herbisitler her birine 4 farklı (0, 100, 300 ve 1000 μM) dozda uygulanmıştır. Fidelere yapılan tüm uygulamalar için hidroponik ortam tercih edilmiştir. Genel olarak, fidelerin büyüme parametrelerinde (kök-sürgün uzama büyümesinde, fide mg KA. g^{-1} TA) azalmaya sebep olmuştur. Yapraklarda; klorofil a+b miktarında atrazinde sadece bayraktar için artışa (100 μM) sebep olsa da, metolachlor her üç varyetede de artışa (100 μM ve 300 μM) sebep olmuştur. Bu konsantrasyonların dışında kalan tüm konsantrasyonlarda hep azalma olmuştur. Karotenoid miktarı ise her iki herbisit için, üç varyetede de azalmayla sonuçlanmıştır. Buğday yapraklarında GST aktivitesinde kontrole kıyasla; atrazin için bayraktar fidelerinde azalış, diğerlerinde ise artış tespit edilmiştir. Metolachlorda ise her üç varyetede artış olup en yüksek dozlarında da (1000 μM) azalış görülmüştür.

Effects of Atrazine and Metolachlor on Growth Parameters and GST Activity in Some Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties

Article Info

Received: 24.09.2020
Accepted: 24.02.2021
Published April 2021

Keywords

Wheat
Triticum aestivum L.,
Atrazine,
Metolachlor,
Oxidative Stress,
GST

Abstract: In this study, physiological and biochemical changes due to toxic effects created by different concentrations of atrazine and metolachlor herbicides in seedlings of three wheat varieties were investigated. As plant material, wheat of the species *Triticum aestivum* L. Bayraktar, İkizce and Tosunbey cv. seeds were used. For each wheat variety, 15-day-old seedlings were divided into 4 groups consisting of the same number of seedlings, and the aforementioned herbicides were applied at 4 different (0, 100, 300 and 1000 μM) doses to each. Hydroponic environment was preferred for all applications on seedlings. In general, it caused a decrease in the growth parameters of the seedlings (root-shoot elongation growth, seedling mg KA. g^{-1} TA). On the leaves; Although chlorophyll a+b caused an increase in atrazine only for Bayraktar (100 μM), metolachlor caused an increase in all three varieties (100 μM and 300 μM). There was always a decrease in all concentrations outside of these concentrations. The amount of carotenoid were resulted in a decrease in all three varieties for both herbicides. GST activity in wheat leaves compared to the control; For atrazine, a decrease in Bayraktar seedlings and an increase in others were detected. Metolachlor, on the other hand, increased in all three varieties and decreased at the highest doses (1000 μM).

1. Giriş

Canlılar toksik bileşiklere maruz kalabilmektedir. Endüstriyel yaşam, doğal yaşamla birlikte birçok zehirli molekül oluşturmaktadır. Toksik moleküller metabolizmanın bozulmasına ve hücrenin ölmesine sebep olur. Canlılarda toksik moleküllerin etkisini azaltmak için detoksifikasyon sistemleri mevcuttur. Ksenobiyotiklerin enzimatik detoksifikasyonu üç farklı fazda gerçekleşmektedir. Faz I tepkimeleri yükseltgenme-indirgenme yani redoks tepkimeleri ve hidroliz reaksiyonları ile aktif grupları substrata ekleyerek, faz II tepkimelerine substrat hazırlar. Faz II konjugasyon sisteminde yer alan en önemli enzimlerden biri glutatyon S-transferazlardır. Faz III reaksiyonlarında faz II'de oluşan daha fazla suda eriyebilen nonpolar ksenobiyotikler ve dolayısıyla daha az toksik olan metabolitler elde edilirler (Sheehan ve ark., 2001). Herbisitlerin, kültür bitkisi tohumları veya yabancı ot tohumları tarafından çimlenme esnasında topraktan absorbe edildiği bilinmektedir. Fakat herbisitlerin çok yavaş hareket etmesi, kil ve topraktaki organik maddelere tutunması onların taşınmasını engellemektedir. Toprak uygun hale getirildikten sonra herbisit uygulanırsa, bitkiye alınımı artmaktadır. Ayrıca herbisitlerin etkisini kontrol altına almak ve çevreye zarar vermesini önlemek için çözültü içerisinde belli miktarda herbisit katılarak yapılmaktadır. Fakat uygulanan çözültü içerisinde herbisit az miktarda olması sebebi ile zararlı otlar tarafından yeterli miktarda alınmayıp, yer altı sularına karışabileceği de belirtilmektedir. Herbisitler yabancı ot verildiğinde daha etkili olması için katyon değişim kapasitesinin artırılması önemlidir. Katyon değişim kapasitesi arttıkça, herbisit toprağa daha fazla tutunmaktadır. Ayrıca toprak pH'ı 7'nin altında olduğunda çözültünün hidrojen iyonları (H⁺) artarak, herbisitler ile pozitif etkileşim sonucu asidik ortam oluşmaktadır ve herbisitlerde negatif halde toprağa tutunarak orada kalmaktadır. Diğer bir önemli etken olarak toprağın nemli olmasının gerekliliği belirtilmektedir. Çünkü kuru topraktaki herbisit toprakta tamamı ile çözünemeyip, toksik hale gelebileceği tespit edilmiştir. Herbisitler, mevsimsel süreçte uygulanmasa bile önceki dönemlerde toprakta bulunan herbisit kalıntılarını bitki bünyesine alabilmektedir (Güngör, 2005). Bu yüzden, herbisit oksidatif strese yol açan reaktif oksijen türlerin oluşumunu tetiklemektedir.

Alla & Hassan (1998), 6 ve 8 günlük mısır yapraklarına uygulanan metolachlor'un etkisi ile kuru ağırlıkta önemli bir azalma ve GSH (redükte glutatyon) içeriği ile GST (Glutatyon-S-transferaz) aktivitesinde ise artış olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, mısır bitkisinin kök ve yapraklarında, 18 µM racemic-metolachlor ve s-metolachlor sırası ile 80.6 ve 60.3 saat, 37.2 µM konsantrasyonda 119.5 ve 90 saat bekletilmiş ve 74.4 µM konsantrasyonda ise 169 ve 164.8 saat bekletilmiştir. Mısırın kök ve yapraklarının uzamasında herbisit konsantrasyon miktarı arttıkça azalma olduğu tespit edilmiştir (Xie ve ark., 2014). Stajner ve ark., (2003), marul, fasulye ve bezelye tohumlarında ve yapraklarında metolachlor'un etki ettiği pigment içeriği incelemişlerdir. Bu bitkiler, 0.2-200 µM arası konsantrasyonlarında 48 saat bekletilmiştir. Çalışma sonucunda ise pigment içeriğinde azalma olduğu görülmüştür. Yapılan bir diğer çalışmada, şeker pancarı tarımı yapılan alanda iki farklı deneme yapılmıştır. Birinci denemede; üç farklı dönemde alınan şeker pancarlarında metolachlorun ve atrazin en düşük dozlarda bile tohumların çimlenmesini engellediği gözlemlenmiştir. İkinci denemede ise; 30 günlük şeker pancarının yeşil aksamında ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında azalış olduğu tespit edilmiştir (Demircioğlu, 2007). Zhang ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada; pirinç bitkisinin kök ve yapraklarına 4 gün boyunca farklı dozlarda atrazin uygulamışlardır. Toplam klorofil içeriğinde azalma görülmüştür. Kontrolde göre yaprak uzunluğunun % 67.1 azaldığı, kökte ise % 79.5 azalış olduğu tespit edilmiştir. Pirinç bitkisinin kök ve yaprak ağırlıklarında sırası ile % 48.9 ve % 79.8 azalma olduğu görülmüştür. Yapılan bir başka çalışmada ise; 10 günlük 2 farklı mısır bitkisine (*Zea mays* L. Hybrid 351 ve Giza 2) farklı dozda atrazin uygulanmış, 20. gün sonunda birçok parametrelere bakılmıştır. Mısır yapraklarının yaş ve kuru ağırlıklarında önemli derecede azalış olmuştur (Alla & Hassan, 2006). Marcacci ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, Deve otu (*Chrysopogon zizanioides*) ve mısır bitkisine 5. haftadan sonra 8 µM dozda atrazin uygulayarak 20 gün hidroponik ortamda bekletmişlerdir. Bu bitkilerin yaprak ve köklerinde GST enzim aktivitesinde artış olduğu görülmüştür. İbrahim ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, mısır ve buğday bitkilerinde farklı konsantrasyonlarda atrazin uygulamışlar ve bitkilerin kök ve yaprak uzunluklarında azalış olduğunu tespit etmişlerdir. *Acorus calamus* (eğir otu), *Lythrum salicaria* (Kırmızı hevhulma) ve *Scirpus tabernaemontani* (yumuşak saplı saz) fideleri üzerine atrazin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, bitki büyümesinde gecikme ve klorofil içeriğinde azalma olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2015).

Bu çalışmada, üç buğday varyetesine ait fidelerde atrazin ve metolachlor herbisitlerinin farklı konsantrasyonlarının oluşturduğu toksik etkiye bağlı olarak çeşitli büyüme parametreleri (fidelerin kök ve sürgün boyu, fidelerin kuru ağırlık miktarı) ve yapraklarda pigment analizi ve glutatyon-S-transferaz (GST) aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyaline yapılan uygulama

Çalışmanın ana materyali Bayraktar cv., İkizce cv. ve Tosunbey cv. Buğday varyetelerine ait tohumlardır. Fide yetiştirme aşamasına geçilmeden önce tamamen homojen olan tohumlar seçilmiş, musluk suyu ile ıslatılmış ve karanlıkta 6 saat 23-25 °C'de bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda tohumlar hava alabilecekleri kapaklı çimlendirme kutularına dizilerek, 3 gün süreyle 23-25 °C'de karanlıkta çimlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra radikula uzunlukları eşit büyüklükte olan çimlenmiş tohumlar seçilerek önceden hazırlanan sulu-toprak karışımıyla hazırlanan beherlere yerleştirilmiştir. Burada fideler uzun gün periyodunda (16/8) normal gün ışığında 15 günlük oluncaya kadar yetiştirilmiş ve 15 günlük fidelerden, tamamen homojen büyüyen fideler seçilerek çalışma materyali olarak kullanılmıştır. Her bir buğday varyetesi için 15 günlük fideler, aynı sayıda fideden (20 'şerli) oluşan 4 gruba ayrılmış ve herbisitlerin 4 farklı dozu uygulanmıştır. Herbisitler, fidelere hidroponik yöntem kullanılarak uygulanmıştır. Fidelere atrazin ve metolachlor ile hazırlanan farklı doz (0, 100 µM, 300 µM ve 1000 µM) konsantrasyonlara 1 gün boyunca maruz bırakılmıştır. Bütün bu farklı doz herbisit uygulamaları, eş zamanlı olarak farklı fidelere yapılmıştır. Daha sonra farklı herbisit uygulanan fidelere ait çeşitli büyüme parametreleri (kök, sürgün boyu ve kuru ağırlıkları) tespit edilmiş ve yapraklarda pigment analizi yapılmıştır.

2.2. Fidelerin büyüme parametreleri ve GST aktivitesi

Büyüme parametreleri ve pigment analizleri (Witham ve ark., 1971)' na göre yapılmıştır. Glutathion-S-transferaz aktivitesi 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.5), 1 mM 1-kloro-2,4-dinitrobenzen (CDNB) ve 1 mM GSH 340 nm'de aktivitesi ölçülerek belirlenmiştir. Böylece 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.5) ihtiva eden kuartz deney tüplerine GSH ve CDNB eklenip ve reaksiyon doku örneklerinin ilavesiyle absorban ölçümleri başlatılmıştır (Bell ve ark., 1985). Spesifik aktivite 9.6 mM⁻¹ cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısı kullanılarak belirlenmiştir. Tüm fizyolojik ve biyokimyasal analizler her uygulama için üç kez tekrarlanmış ve her analiz için 3 g yaprak dokusu kullanılmıştır.

2.3. İstatistiksel analizler

Sonuçlar, tek yönlü ANOVA (SPSS 15.0 Değerlendirme Sürümü Üretim Modu Olanakı) kullanılarak analiz edildi. Uygulamalar arasındaki fark p<0.01-0.05'te önemli kabul edildi. Ortalamaları karşılaştırmak için ise Duncan testi yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Büyüme parametreleri

Fidelere yapılan uygulamaların kök ve yapraktaki büyüme parametreleri üzerine etkileri incelendiğinde, genelde kontrol grubu fidelerine kıyasla atrazin ve metolachlor uygulanan bütün gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %75.93, %79.62 ve %87.04 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %97.56, %68.29 ve %95.12 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbeyde ise 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %45.61 azalma, %12.28 ve %17.54 oranlarında artış tespit edilmiştir (P≤0.05) (Çizelge 1).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %97.97, %92.89 ve %82.74 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %77.42, %67.74 ve %54.84 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbeyde 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %81.82, %4.55 ve %22.73 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; %80, %37.5 ve %95 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %18.75, %96.87 ve %93.75 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %66.67, %78.79 ve %78.79 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %80.39, %90.20 ve %90.20 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %4.17, %95.83 ve %91.67 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %97.5, %70 ve %92.5 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde kuru ağırlık miktarları (mg KA. g⁻¹ TA) kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %10.67, %11.24 ve %24.77 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %1.91, %13.95 ve %23 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %3.80, %16.30 ve %30.15 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde kuru ağırlık miktarları (mg KA.g⁻¹ TA) kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %16.42, %29.85 ve %49.83 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %23.21, %31.10 ve %36.46 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %10.88, %28.53 ve %43.22 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

3.2. Klorofil (a+b) ve Karotenoid Miktarındaki Değişiklikler

Fidelere yapılan uygulamaların yaprakta klorofil (a+b) miktarı üzerine etkileri incelendiğinde, kontrol grubu fidelerine kıyasla; atrazin ve metolachlor herbisitlerinin uygulandığı bütün gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %3.85, %4.29 ve %17.07 oranlarında artış tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; %6.17 artış, %4.77 artış ve %8.75 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %16.98 artış, %14.05 artış ve %6.59 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %18.75 artış, %3.41 artış ve %3.19 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %14.61, %17.72 ve %15.86 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %2.86, %6.06 ve %9.46 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1).

Karotenoid miktarları için; atrazin herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %1.18, %8.25 ve %21.41 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %0.21 artış, %3.35 ve %6.29 oranlarında azalma olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %0.75, %2.07 ve %6.02 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1).

Karotenoid miktarları için; metolachlor herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla, Bayraktar buğdayda 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %1.26, %0.25 ve %4.52 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %5.91, %8.10 ve %12.69 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %3.92, %11.18 ve %17.06 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

3.3. Glutatyon-S-Transferaz enzim aktivitesindeki değişiklikler

GST aktivitesi için; atrazin herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; Bayraktar buğdayda 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %11.9, %19.35 ve %30.76 oranlarında azalma tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %63.75, %71.18 ve %87.01 oranlarında artış olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %25.31, %42.38 ve %60.34 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 1).

GST aktivitesi için; metolachlor herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla, Bayraktar buğdayda 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %10.32 artış, %19.85 artış ve %10.21 azalış tespit edilmiştir. İkizce buğdayda; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %21.45 artış, %27.3 artış ve %13.53 oranlarında azalış olduğu belirlenmiştir. Tosunbey buğdayda ise; 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, %15.08 artış, %29.47 artış ve %21.33 azalış oranları tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Çizelge 2).

Çizelge 1. Atrazinin *Triticum aestivum* L. Bayraktar cv., İkizce cv. ve Tosunbey cv. fidelerinde kök- sürgün uzunluğu, kuru ağırlık, fotosentetik pigment miktarları ve GST aktivitesine etkileri

Gruplar (Atrazin)	Fide büyümesi (mm/cm ⁻¹)		Kuru ağırlık (mg Ka/g ⁻¹ Ta)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ Ta)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ Ta)	GST aktivitesi (EU/ml)
	Kök	Sürgün				
B-Kontrol	0.054±0.013	0.040±0.004	0.872±0.003	1.349±0.058	0.509±0.001	44.773±2.352
B-100	0.013±0.017*	0.008±0.007*	0.779±0.012*	1.602±0.140*	0.503±0.003	39.443±1.068
B-300	0.011±0.015*	0.025±0.003*	0.744±0.018*	1.395±0.016	0.467±0.017*	36.110±1.312*
B-1000	0.007±0.014*	0.002±0.005*	0.656±0.026*	1.306±0.016	0.400±0.000*	31.00±0.577*
İ-Kontrol	0.041±0.006	0.032±0.003	0.839±0.013	1.608±0.122	0.477±0.001	35.827±2.312
İ-100	0.001±0.008*	0.026±0.007	0.823±0.008	1.373±0.016*	0.478±0.002	58.667±4.349*
İ-300	0.013±0.009*	0.001±0.016*	0.722±0.011*	1.323±0.016*	0.461±0.002*	61.333±4.072*
İ-1000	0.002±0.016*	0.002±0.005*	0.646±0.035*	1.353±0.055*	0.447±0.001*	67.00±3.273*
T-Kontrol	0.057±0.005	0.033±0.001	0.816±0.021	1.469±0.016	0.532±0.002	18.600±1.540
T-100	0.031±0.009*	0.011±0.007*	0.785±0.012	1.427±0.016	0.528±0.002	23.307±1.258
T-300	0.064±0.008*	0.007±0.009*	0.683±0.014*	1.380±0.016*	0.521±0.002*	26.483±1.443*
T-1000	0.067±0.007*	0.007±0.004*	0.570±0.030*	1.330±0.017*	0.500±0.000*	29.823±1.864*

*:Kontrole kıyasla olasılık seviyesi $p \leq 0.05$. Değerler, üç tekrarın ortalamasıdır, Bayraktar: B, İkizce: İ, Tosunbey: T, K: Kontrol

Çizelge 2. Metolachlorun *Triticum aestivum* L. Bayraktar cv., İkizce cv. ve Tosunbey cv. fidelerinde kök-sürgün uzunluğu, kuru ağırlık, fotosentetik pigment miktarları ve GST aktivitesine etkileri

Gruplar (Metolachlor)	Fide büyümesi (mm/cm ⁻¹)		Kuru ağırlık (mg Ka/g ⁻¹ Ta)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ Ta)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ Ta)	GST aktivitesi (EU/ml)
	Kök	Sürgün				
B-Kontrol	0.197±0.128	0.051±0.013	0.871±0.008	1.142±0.003	0.398±0.006	23.680±0.746
B-100	0.004±0.011*	0.010±0.007*	0.728±0.022*	1.186±0.004*	0.393±0.003	26.123±1.097
B-300	0.014±0.016*	0.005±0.006*	0.611±0.037*	1.191±0.003*	0.397±0.001	28.380±0.375*
B-1000	0.034±0.016*	0.005±0.006*	0.437±0.024*	1.337±0.002*	0.380±0.000*	21.263±0.748
İ-Kontrol	0.031±0.014	0.024±0.003	0.672±0.038	1.280±0.003	0.457±0.003	22.453±1.202
İ-100	0.007±0.011	0.023±0.009	0.516±0.036*	1.359±0.002*	0.430±0.000*	27.270±0.581*
İ-300	0.010±0.011	0.001±0.009*	0.463±0.031*	1.341±0.002*	0.420±0.000*	28.583±0.330*
İ-1000	0.014±0.005	0.002±0.006*	0.427±0.021*	1.168±0.003*	0.399±0.000*	19.416±0.736*
T-Kontrol	0.022±0.030	0.040±0.006	0.708±0.044	1.260±0.008	0.510±0.000	24.716±1.303
T-100	0.004±0.021	0.001±0.011*	0.631±0.049	1.474±0.002*	0.490±0.000*	28.443±0.802*
T-300	0.021±0.015	0.012±0.007*	0.506±0.019*	1.437±0.002*	0.453±0.003*	32.003±0.881*
T-1000	0.017±0.009	0.003±0.003*	0.402±0.018*	1.177±0.004*	0.423±0.001*	19.443±1.660*

*:Kontrolle kıyasla olasılık seviyesi p<0.05. Değerler, üç tekrarın ortalamasıdır, Bayraktar: B, İkizce: İ, Tosunbey: T, K: Kontrol

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, buğday fideleri üzerinde atrazin ve metolachlor adlı herbisitlerin farklı konsantrasyonlarının yol açtığı sorunlar araştırılmıştır. Büyüme parametrelerinden kök uzunluğu üzerindeki inhibitif etkinin atrazin herbisiti için İkizce varyetesinde, metolachlor uygulandığında ise, Bayraktar varyetesinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2015; Fayez & Kristen, 1995; Xie ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2014; İbrahim ve ark., 2013; Fayez & Kristen, 1995). Tosunbey varyetesinde artış görülerek daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Buğday fidelerinin sürgün uzunluğu üzerinde, metolachlor uygulamasının özellikle Tosunbey de çok etkili büyüme gecikmelerine yol açtığı tespit edilmiştir (Xie ve ark., 2014; Wang ve ark., 2015; Kaya & Doğanlar, 2016). Atrazin ise, İkizce varyetesinde daha inhibitif etki göstermiştir (Zhang ve ark., 2014; İbrahim ve ark., 2013). Buğday fidelerinde kuru ağırlık miktarları bakımından; atrazin herbisiti özellikle Tosunbey varyetesinde anlamlı bir azalmaya yol açmıştır (Alla & Hassan, 2006; Santos & Silva, 2015). Metolachlorda ise, Bayraktarda daha anlamlı bir azalma görülmüştür (Alla & Hassan, 1998; Demircioğlu, 2007; Santos & Silva, 2015). Herbisitin neden olduğu karotenoid içeriğindeki azalma ve stomatal kapanma, ksantofillerin (karotenoidler) absisik asit (ABA) biyosentezine bölünmesiyle açıklanabilir. Oksin-mimetik herbisitler, yaprakların epinastisine neden olmanın yanı sıra, absisik asit (ABA) biyosentezini uyaran etilen biyosentezini uyarır, bu da bitkilerin büyümesini engelleyerek stomaların kapanmasına neden olarak CO₂ asimilasyonunu ve dolayısıyla biyokütle üretimini sınırlamaktadır (Agostinetto ve ark., 2016). Bitkilerin klorofil içeriği, strese maruz kaldığında değişime uğramaktadır. Burada klorofil içeriğinin azalış nedeni herbisitler tarafından teşvik edilen oksidatif strestir. Çünkü stres şartları altında klorofilaz enzimi ile klorofil yıkımı artmaktadır (Kaya & Doğanlar, 2016). Herbisit uygulaması fotoinhibisyon ile fotosistemde önemli fotodinamik hasarlara yol açmakta ve fotosentez verimini düşürmektedir. Klorofil (a+b) miktarları bakımından; atrazinde en fazla İkizce buğday varyetesinde anlamlı azalmalara yol açmıştır (Zhang ve ark., 2014; Santos ve Silva, 2015; Wang ve ark., 2015; Kaya & Doğanlar, 2016; Fayez, 2000; Kraus ve ark., 1995; Wang & Zhou, 2006). Metolachlor herbisitinde ise, İkizce ve Tosunbey buğdaylarında en yüksek konsantrasyonda azalma görülürken, diğer konsantrasyonlarda artma görülmüştür (Stajner ve ark., 2003; Santos & Silva, 2015; Wang ve ark., 2015; Kaya & Doğanlar, 2016; Fayez, 2000; Kraus ve ark., 1995; Wang & Zhou, 2006). Buğday fidelerinde karotenoid miktarları

bakımından; atrazin herbisitinden en fazla Bayraktar buğdayda, metolachlor herbisitinden ise en fazla Tosunbey buğdayı etkilenmiş, yani pigment yıkımı artmıştır (Santos & Silva, 2015; Kraus ve ark., 1995; Stajner ve ark., 2003; Santos & Silva, 2015; Kraus ve ark., 1995). Makroskobik anlamda söz konusu herbisitlerin uygulandığı fidelerin yapraklarında nekrozis ve klorozis yoğun bir şekilde gözlenmiş, özellikle köklerde doku yıkımlarına bağlı yumuşamalar rapor edilmiştir. Karotenoidler, oksidatif hasara karşı bir kalkan-koruma mekanizması olarak rol oynamaktadır. Kloroplastta bulunan karotenoidler, fotooksidasyon riskine karşı klorofilleri serbest radikallere karşı korumaktadır. Bunu serbest radikaller ile bizzat reaksiyona girerek yapmaktadırlar. Fotonu alarak uyarılan klorofil molekülleri oksijen, singlet oksijen şekli, süperoksit anyonu, hidroksil radikalleri ve hidrojen peroksit ile reaksiyona girmektedir. Bu durum özellikle hücrede ve zar sistemlerinde bulunan lipit türevi bileşiklere zarar vermektedir. Böylece, bu pigmentler stresten dolayı oksidatif hasara uğramaktadır (Santos & Silva, 2015).

Buğday fidelerinin yapraklarında GST aktivitesinde kontrole kıyasla; atrazin için bayraktar fidelerinde azalış, diğerlerinde ise artış tespit edilmiştir (Marcacci ve ark., 2006; Buono & Ioli, 2011). Metolachlorda ise her üç varyetede artış olup (Marcacci ve ark., 2006), en yüksek dozlarında da (1000 µM) azalış görülmüştür (Buono & Ioli, 2011). GST'ler, canlıları sitotoksik elektrofilik kimyasallara karşı koruyan ve oksidatif strese karşı uyumu sağlayan dinamik, interaktif bir savunma mekanizmasının önemli parçalarıdır ve ksenobiyotiklerin biyotransformasyonunda önemli işlevlere sahiptirler (Hee-Joong ve ark., 2005). GST'ler, hassas yabancı otlara göre herbisit detoksifikasyonunda yer alan daha yüksek seviyelerde izoenzim içeren toleranslı ürün ile seçicilikte ana belirleyiciler olabilmektedir (Hatton ve ark., 1998).

Sonuç olarak, bitkilerde doğal olarak sentezlenmeyen atrazin ve metolachlor herbisitlerinin çok düşük konsantrasyonlarda dahi buğday bitkisi için toksik olduğu tespit edilmiştir. Keza atrazin ve metolachlorun toprakta nem düzeyi, buharlaşma ve güneşlenme durumu, organik madde miktarı ve tekstürüne bağlı olarak kalıntı miktarlarının buğdaya fitotoksik düzeylerde olabileceği unutulmamalıdır. Bunu önlemek için de söz konusu herbisitlerin ruhsatlı olduğu tavsiye dozlarında uygulanması büyük önem arz etmektedir. Sıklıkla yapılan bu hatanın temelinde ise çiftçilerimizin bilinçsiz olarak herbisit uygulaması yapmaları yatmaktadır. Bu konuda yeni yapılacak çalışmaların da konunun tam olarak anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkürler

Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Agostinetto, D., Perboni, L. T., Langaro, A. C., Gomes, J., Fraga, D. S., & Franco, J. J. (2016). Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. *Planta Daninha*, 34(1), 1-9. doi:10.1590/S0100-83582016340100001
- Alla, M. M. N., & Hassan, N. M., (1998). Efficacy of exogenous GA3 and herbicide safeners in protection of Zea mays from metolachlor toxicity, *Plant Physiology Biochemistry*, 36(11),809-815.
- Alla, M. M. N., & Hassan, N. M., (2006). Changes of antioxidants levels in two maize lines following atrazine treatments, *Plant Physiology and Biochemistry*, 44: 202-210.doi: 10.1016/j.plaphy.2006.05.004
- Bell, J. G., Cowey, C. B., Adron, J. W., & Shanks, A. M. (1985). Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition*, 53: 149–157. doi: 10.1079/bjn19850019
- Buono, D. D., & Ioli, G. (2011). Glutathione S-Transferases of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*): activity toward some chemicals, safener modulation and persistence of atrazine and fluorodifen in the shoots, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 59, 1324–1329. doi: 10.1021/jf1043713
- Demircioğlu, A., (2007). *Mısırdaki kullanılan bazı herbisitlerin şekerpancarında fitotoksik etkilerinin araştırılması*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Fayez, K., A. & Kristen, U., (1995). The influence of herbicides on the growth and proline content of primary roots and on the ultrastructure of root caps, *Environmental and Experimental Botany*, 36,71-81.

- Fayez, K., A., (2000). Action of photosynthetic diuron herbicide on cell organelles and biochemical constituents of the leaves of two soybean cultivars, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 66,105-115.
- Güngör, M., (2005). *Investigating the importance of chemical weeding in maize cultivation areas in the city of Adana and the emerging problems*, postgraduate thesis, Çukurova University, Institute of Science, Adana.
- Hatton, P. J., Cummins, I., Price L. J., Cole D. J., & Edwards R., (1998). Glutathione transferases and herbicide detoxification in suspension-cultured cells of giant foxtail (*Setaria faberi*), *Pesticide Science*, 53, 209-216.
- Hee-Joong, P., Hyun-Young, C. & Kwang-Hoon, K., (2005). Purification and biochemical properties of Glutathione S-Transferase from *Lactuca sativa*. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 38, No. 2, 232-237. doi:10.5483/BMBRep.2005.38.2.232
- İbrahim, S. İ., Abdel-Lateef, M. F., Khalifa, H. M. S. & Abdel-Monem, A. E., (2013). Phytoremediation of atrazine-contaminated soil using *Zea mays* (maize), *Annals of Agricultural Science*, 58(1), 69-75. doi: 10.1016/j.aosas.2013.01.010
- Kaya, A. & Doğanlar, Z., B., (2016). Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124,470-479. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.11.026
- Kraus, T., E., Mckersie, B., D. & Fletcher, R., A., (1995). Paclobutrazol-induced tolerance of wheat leaves to paraquat may involve increased antioxidant enzyme activity, *Journal Plant Physiology*, 145,570-576.
- Marcacci, S., Raveton, M., Ravanel, P. & Schwitzguebel, J.-P., (2006). Conjugation of atrazine in vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) grown in hydroponics, *Environmental and Experimental Botany*, 56, 205-215. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.02.004
- Santos, C. M., & Silva, M.A., (2015). Physiological and biochemical responses of sugarcane to oxidative stress induced by water deficit and paraquat, *Acta Physiol. Plant*, 37, 172. doi:10.1080/09291016.2019.1587838
- Sheehan, D., Meade, G., Foley, V.M., & Dowd, C. A., (2001). Structure, function and evolution of glutathione transferases: implications for classification of nonmammalian members of an ancient enzyme superfamily. *Biochemistry Journal*,360,1- 6. doi: 10.1042/0264-6021:3600001
- Stajner, D., Popovic, M., & Stajner, M., (2003). Herbicide induced oxidative stress in lettuce, beans, pea seeds and leaves, *Biologia Plantarum*, 47 (4): 575-579. doi: 10.1023/B:BIOP.0000041064.04385.c7
- Wang, M., & Zhou, Q., (2006). Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat (*Triticum aestivum*), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64, 190-197. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.03.032
- Wang, Q., Que, X., Zheng, R., Pang, Z., Li, C., & Xiao, B., (2015). Phytotoxicity assessment of atrazine on growth and physiology of three emergent plants, *Environmental Science Pollution Research*, 22,9646-9657.
- Witham, F., H., Blaydes, D., F., & Dewlin, R., M., (1971). *Experiments in Plant Physiology New york*, Von Nonstrand Reinhold Company, 55-56.
- Xie, F., Liu, H. J., & Cai, W.D., (2014). Enantioselectivity of racemic metolachlor and S-metolachlor in maize seedlings, *Journal of Environmental Science and Health Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 45, 774-782. doi:10.1080/03601234.2010.515173
- Zhang, J. J., Lu, Y. C., Zhang, J. J., Tan, L. R. Yang, H., (2014). Accumulation and toxicological response of atrazine in rice crops, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 102, 105-112 doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.12.034



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

***Capsicum baccatum* Türüne Ait Biber Genotiplerinin Fenotipik Kök Özellikleri Yönünden Seleksiyonu**

Aslı KANAL^{*1}, Ahmet BALKAYA², Onur KARAAĞAÇ³

^{*1,2}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

³Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye

Aslı KANAL, ORCID No: 0000-0003-0425-9581, Ahmet BALKAYA, ORCID No: 0000-0001-9114-615X,

Onur KARAAĞAÇ, ORCID No: 0000-0002-8794-2556

*Sorumlu yazar e-posta: aslikanal5515@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 28.12.2020
Kabul: 15.02.2021
Yayınlanma Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Anaç,
Capsicum baccatum,
Kök mimarisi,
Seleksiyon

Öz: *Capsicum baccatum*, *Capsicum* cinsinin kültüre alınmış beş biber türünden birisidir. Daha çok Güney Amerika'da yetiştiriciliği yapılan bu tür güçlü kök yapısı ve bazı stres şartlarına dayanıklı olması nedeniyle son yıllarda biber anaç ıslahı programlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada; Amerika kıtasının farklı lokasyonlarından toplanmış olan bu türe ait 66 adet biber genotipinin, fenotipik kök yapılarının incelenmesi ve köklenme mimarilerini oluşturan temel unsurların karşılaştırılması amaçlanmıştır. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde yapılan kök analizleri sonucunda, biber genotiplerinin fenotipik kök özellikleri arasında çeşitliğin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, toplam kök uzunluğunun 325.76 cm (CB-22) ile 1 959.15 cm (CB-46), kök çapının 2.64 mm (CB-72) ile 5.80 mm (CB-86), kök yüzey alanının 198.60 cm² (CB-52) ile 1318.08 cm² (CB-36), kök hacmi değerlerinin 13.50 cm³ (CB-52) ile 151.65 cm³ (CB-36), kök kuru ağırlığının ise 0.48 g ile 3.05 g arasında değişim gösterdikleri tespit edilmiştir. Seleksiyon ıslahında, ağırlıklı tartılı derecelendirme metodu ile kök mimarisi kriterleri birlikte değerlendirilmiştir. Buna göre CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 ve CB-44 genotipleri kök yapısı en güçlü ümitvar genotipler olarak belirlenmiştir. Selekte edilen bu genotiplerin, gelecek yıl hibrit biber anaç ıslahı melezleme programında ebeveyn olarak kullanılması planlanmaktadır.

The Selection of *Capsicum baccatum* Genotypes for Phenotypic Root Traits

Article Info

Received: 28.12.2020
Accepted: 15.02.2021
Published April 2021

Keywords

Rootstock,
Capsicum baccatum,
Root system architecture,
Selection

Abstract: *Capsicum baccatum* is one of five cultivated species of the *Capsicum* genus. This species, which is mostly grown in South America, has been used in rootstock breeding programs in recent years due to its strong root structure and resistance to certain stress conditions. In this study; It was aimed to examine the phenotypic root traits of 66 *C. baccatum* genotypes collected from different locations of the American continent. The diversity of phenotypic root traits of pepper genotypes were found to be quite high. In this study, the total root length is ranged from 325.76 cm (CB-22) to 1959.15 cm (CB-46), the root diameter is ranged from 2.64 mm (CB-72) to 5.80 mm (CB-86), the root surface area is ranged from 198.60 cm² (CB-52) to 1318.08 cm² (CB-36), root volume is ranged from 13.50 cm³ (CB-52) to 151.65 cm³ (CB-36). Root architecture characteristics were evaluated together with the Weighted Ranked method in selection. Accordingly, CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 and CB-44 genotypes were selected as the most promising genotypes with strong root structure. These selected genotypes will be used as parents for interspecific hybridization in the rootstock breeding program.

1. Giriş

Capsicum cinsi içerisinde yer alan biber bitkisi tropik ve subtropik iklimlerde yetiştirilebildiği gibi ılıman iklim kuşağında da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Greenleaf, 1986). *Capsicum* cinsi içerisinde taksonomik olarak sınıflandırılan 43 türden, sadece beş tür (*C. annuum* L., *C. baccatum* L. var. *pendulum*, *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. ve *C. pubescens* Ruiz & Pav.) kültüre alınmıştır (Eshbaugh, 2012; Barboza ve ark., 2019). Biber bitkisinin orijini Orta Amerika olarak bilinmektedir. Latince “baccatum” kelimesi, “üzümsü meyve” anlamında kullanılmaktadır (Eken & Mavi, 2016). Güney Amerika’da ise “aji” veya “Peru acı biberi” olarak bilinmektedir (Jarret, 2007). *C. baccatum* türü, *C. baccatum* var. *baccatum*, *C. baccatum* var. *pendulum* ve *C. baccatum* var. *praetermissum* olmak üzere üç alt türe ayrılmaktadır. Biber; günümüzde taze tüketimin yanı sıra kurutulmuş (pul, toz vb.) veya işlenmiş ürün (sos, salça vb.) olarak da değerlendirilebilmektedir. Ayrıca ilaç ve kozmetik sanayinde de kullanım alanları bulunmaktadır (Karaağaç & Balkaya, 2010; Eşiyok, 2012). *C. baccatum*’un bir alt türü olan *C. baccatum* var. *pendulum* meyveleri taze tüketim yanında, salsa sosu, acı biber sosu ve toz biber vb. olarak değerlendirilmektedir (Jarret, 2007). Dünya’da Çin (18 978 027 ton), Meksika (3 238 245 ton) ve Türkiye (2 625 669 ton) önde gelen biber üreticisi ülkelerdir (FAO, 2019). Akdeniz Bölgesi (1 048 383 ton), Marmara Bölgesi (547 410 ton) ve Ege Bölgesi (366 333 ton) ülkemizin en fazla biber üretiminin gerçekleştirildiği bölgeleridir (TÜİK, 2020). Ülkemizde *C. baccatum* türüne ait yetiştiriciliği yapılan ticari bir çeşit bulunmamaktadır (TTSM, 2019).

Biber yetiştiriciliğinde; organik maddece zengin, çeşitli besin maddelerini içeren, tınlı, tınlı-kumlu, su tutma kapasitesi iyi, çabuk ısınabilir, derin, geçirgen, iyi drene edilmiş topraklar daha çok tercih edilmektedir. Biber için en uygun toprak pH’sı 5.6-6.8’dir. Biber bitkisi toprak tuzluluğuna karşı çok hassas bir bitkidir (Anonim, 2008; Eşiyok, 2012). Kazık kök 10-15 cm kadar derine indikten sonra üzerinde yan köklerin oluşumu meydana gelmektedir. Ayrıca yan köklerin üzerinde çok sayıda, ince yapılı kılcal kökler oluşmaktadır. Saçak köklerin büyük kısmı toprağın ilk 10-30 cm derinliğinde bulunurken, hafif ve kumlu topraklarda ise kökler 80-100 cm derinliğe kadar inebilmektedir (Şalk ve ark., 2008).

Solanaceae familyası içerisinde domates ve patlıcanda aşılı fide kullanımı son yıllarda oldukça fazla artış göstermiştir. Ancak biberde anaç kullanımı ise halen sınırlı düzeydedir. Biberde kullanılan ticari anaçlar daha çok *C. annuum* türüne aittir. Anaçın kalemle aynı tür olması nedeniyle beklenen kök kapasite artışı sağlanamamıştır. Biber anaç kullanımında verim artışı yeterli seviyede olmadığı için aşılı fide maliyetini karşılayamamaktadır (Aidoo ve ark., 2018; Karaağaç ve ark., 2020). *C. baccatum*’un *C. annuum* ile türlerarası melez bitki eldesinin çok zor olmasından dolayı anaç ıslah programlarında kullanımı sınırlı düzeydedir. Ancak son yıllarda doku kültürü tekniklerinin de gelişmesi ve köprü tür eldesi ile birlikte çok sayıda anaç ıslahı programında bu türe daha fazla yer verilmeye başlanmıştır (Hennart, 2017; Penella ve ark., 2017; Ribeiro ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2020). *C. annuum* dışındaki diğer bazı kültür türleri, genetik yapılarında özellikle biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılık özellikleri taşımaktadırlar (Grubben ve ark., 1977; Pickersgill, 1980). Yapılan çalışmalarda; *C. baccatum* türünün *C. annuum*’a göre; tuzluluğa, mildiyöye, nematoda ve birçok virüse karşı daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Pico ve ark., 2017). Biberde biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılıkta performansı etkileyen en önemli kriterlerden birisi de kök yapısı ve stres koşulları altında topraktaki kök gelişim kabiliyetidir (Karaağaç ve ark., 2020). Yapılan bazı çalışmalarda, *C. baccatum* türü içerisinde kök sistemi çok güçlü olan genotipler olduğu tespit edilmiştir (Ou ve ark., 2011; Bui ve ark., 2015). Bu nedenle kök parametrelerinin belirlenmesi bitki gelişimi ile ilgili diğer önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kök parametreleri iyileştirilerek su ve besin alınımının kolaylaştırılması ve bu sayede olumsuz faktörlerin verim unsurlarına olan negatif etkisi azaltılabilmektedir (Dorlodot ve ark., 2007). Son yıllarda anaç çeşit ıslahı çalışmalarında, kök sisteminin yönetiminden yararlanarak daha güçlü, su ve besin alım kapasitesi yüksek olan yeni çeşitlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Koevoets ve ark., 2016; Sarıbaş ve ark., 2019). Ancak, bitki kökünün toprak altında olması incelenmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle, kökün fenotipik özelliklerine göre yapılan seleksiyon çalışmaları oldukça azdır (Schwarz ve ark., 2010; Karaağaç, 2020). Son yıllarda dijital görüntüleme sistemlerinden yararlanılarak bitki kök yapıları ve köklenme düzeyleri hakkında detaylı incelemeler yapılabilmektedir (Paez-Garcia ve ark., 2015; Sarıbaş ve ark., 2019; Özgen, 2020). Bu çalışmada, dijital görüntüleme sistemlerinden

yararlanarak *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin fenotipik kök yapılarının incelenmesi ve köklenme mimarilerini oluşturan temel unsurların tartılı derecelendirme yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2019 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü fizyoloji laboratuvarında ve çoğaltma serasında yürütülmüştür. Araştırmada, Amerika kıtasının farklı ülkelerinden toplanmış olan *C. baccatum* türüne ait 66 adet biber genotipi kullanılmıştır. Bu genetik materyaller, Amerika Tarım Bakanlığı Tohum Gen Bankasından (USDA-ARS-National Plant Germplasm System) temin edilmiştir. Bunlardan 10 tanesi *C. baccatum* var. *baccatum* ve 56 tanesi ise *C. baccatum* var. *pendulum* türüne aittir. İncelenen *C. baccatum* biber popülasyonunda yer alan genetik materyallere ait kayıt bilgileri, Çizelge 1’de sunulmuştur.

C. baccatum türüne ait biber genotiplerine ait tohumlar, torf: perlit (2:1, v:v) harç karışımının konulduğu viyollere 14 Mart 2019 tarihinde ekilmiştir. Dört gerçek yaprağa ulaşan *C. baccatum* türüne ait biber fideleri; sera ünitesi içerisinde steril torf: perlit (2:1, v:v) karışımının bulunduğu 3 litrelik plastik saksılara, 12 Nisan 2019 tarihinde dikilmiştir (Şekil 1.). Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde kurulmuştur. *C. baccatum* fideleri, sıcaklık kontrollü sera yetiştirme odasında ($25^{\circ}\text{C}\pm 1$) 30 gün süreyle yetiştirilmiştir. 13 Mayıs 2019 tarihinde kantitatif olarak hasat edilen bitki kökleri, dikkatli bir şekilde yıkanmış kağıt havlu ile kurutulmuş ve taramaya hazır hale getirilmiştir. Tarama işlemine hazır hale getirilmiş olan kökler, cihazın tarayıcı (scanner) (Epson Expression 10000XL, Epson America Inc., Long Beach, CA, USA) kısmına konularak 400 dpi çözünürlükte üç boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

WinRhizo programı ile yapılan kök taraması sonucunda *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde aşağıda belirtilen kök parametreleri incelenmiştir (Karaağaç ve ark., 2020).

- Toplam kök uzunluğu (cm): Kılcal formda bulunan saçak kökler dahil tüm köklerin toplam uzunlukları belirlenmiştir.
- Ortalama kök çapı (mm): Tüm kök uzantıları bireysel olarak incelenerek ortalama kök çapları hesaplanmıştır.
- Kök yüzey alanı (cm^2): Tarama ile üç boyutlu olarak incelenen tüm köklerin izdüşüm alanları ölçülmüştür.
- Kök hacmi (cm^3): Genotiplerin kökleri tarayıcıdan geçirilerek WinRhizo programı yardımıyla net kök hacmi değerleri hesaplanmıştır.
- Kökteki dallanma sayısı: Ana kök ve birinci lateral köklerden çıkan yan dalların sayısı tespit edilmiştir.
- Kök kuru ağırlığı (g): Bitkiler bisturi yardımıyla kök kısmı ayrılarak 80°C de 72 saat süreyle etüvde kurutulmuş (Karaağaç & Balkaya, 2010) ve örnekler sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra hassas terazide (0.001 g) tartılarak kök kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Kök analiz çalışması sonucunda elde edilen verilere, varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve ardından önemli bulunan parametreler Tukey testine göre gruplandırılmıştır.

Kök yapısı güçlü olan *C. baccatum* türüne ait genotiplerin seleksiyonu amacıyla ağırlıklı tartılı derecelendirme metodu uygulanmıştır (Karaağaç ve ark., 2018). Genotiplerin seleksiyonu için kullanılan ağırlıklı tartılı derecelendirme kriterleri tarafımızdan oluşturulmuştur. Fenotipik kök seleksiyon kriterleri, sınıf değerleri ve puanları, Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. *C. baccatum* biber popülasyonunda yer alan genotiplere ait kayıt bilgileri ve orijinleri

Genotipler	Kayıt numarası	Orijini	Genotipler	Kayıt numarası	Orijini
<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>baccatum</i>			<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> (devamı)		
CB-1	PI 159252 01 SD	ABD	CB-50	PI 441568 01 SD	Brezilya
CB-2	PI 585242 02 SD	Ekvator	CB-51	PI 441562 01 SD	Brezilya
CB-3	PI 585243 02 SD	Ekvator	CB-52	PI 159260 01 SD	ABD
CB-4	PI 238061 01 SD	Bolivya	CB-53	PI 281300 01 SD	Arjantin
CB-6	PI 215699 01 SD	Peru	CB-55	PI 266042 01 SD	Meksika
CB-11	PI 439528 01 SD	Brezilya	CB-56	PI 260565 01 SD	Bolivya
CB-12	PI 596059 01 SD	Bolivya	CB-57	PI 260559 01 SD	Bolivya
CB-16	PI 632922 01 SD	Paraguay	CB-58	PI 267729 01 SD	Bolivya
CB-17	PI 633752 02 SD	Paraguay	CB-59	PI 260572 01 SD	Bolivya
CB-18	PI 631150 03 SD	Paraguay	CB-60	PI 159259 01 SD	ABD
CB-20	PI 281309 01 SD	Peru	CB-61	PI 238062 01 SD	Brezilya
<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>			CB-62	PI 159272 01 SD	ABD
CB-21	PI 257169 01 SD	Peru	CB-63	PI 200729 01 SD	Guatemala
CB-22	PI 257179 01 SD	Peru	CB-64	PI 653670 04 SD	Kosta Rika
CB-23	PI 257174 01 SD	Peru	CB-65	PI 441541 01 SD	Brezilya
CB-27	PI 260545 01 SD	Brezilya	CB-66	PI 441552 01 SD	Brezilya
CB-28	PI 260538 01 SD	Arjantin	CB-67	PI 441584 01 SD	Brezilya
CB-29	PI 260488 01 SD	Bolivya	CB-68	PI 241658 01 SD	Peru
CB-31	PI 257168 01 SD	Peru	CB-69	PI 441519 01 SD	Brezilya
CB-33	PI 257134 01 SD	Ekvator	CB-70	PI 439409 01 SD	Uruguay
CB-34	PI 257133 01 SD	Ekvator	CB-71	PI 260593 01 SD	Brezilya
CB-36	PI 260536 01 SD	Arjantin	CB-72	PI 337523 01 SD	Arjantin
CB-38	PI 257122 01 SD	Kolombiya	CB-73	PI 590506 01 SD	Bolivya
CB-39	PI 281320 01 SD	Şili	CB-74	PI 585244 01 SD	Ekvator
CB-40	PI 260552 01 SD	Peru	CB-75	PI 585240 01 SD	Ekvator
CB-41	PI 281311 01 SD	Brezilya	CB-76	PI 632925 02 SD	Paraguay
CB-42	PI 337522 01 SD	Arjantin	CB-77	PI 633756 01 SD	Paraguay
CB-44	PI 594136 01 SD	Macaristan	CB-78	Grif 9196 01 SD	Kosta Rika
CB-45	PI 593932 01 SD	Ekvator	CB-82	PI 241679 01 SD	Şili
CB-46	PI 439411 01 SD	Uruguay	CB-83	PI 188481 01 SD	Peru
CB-47	PI 439410 01 SD	Uruguay	CB-84	PI 281307 01 SD	Bolivya
CB-48	PI 441531 01 SD	Brezilya	CB-85	PI 441554 01 SD	Brezilya
CB-49	PI 441533 01 SD	Brezilya	CB-86	PI 585249 02 SD	Ekvator
			CB-87	PI 585250 01 SD	Ekvator

Çizelge 2. *C. baccatum* türüne ait genotiplerde seleksiyon kriterleri ve tartılı derecelendirme puanları

Kriterler	Sınıf değeri	Sınıf puanı	Göreceli puan
Kök Uzunluğu (cm)	< 652.44	1	20
	652.45 – 979.12	2	
	979.13 – 1 305.79	3	
	1 305.80 – 1 632.47	4	
	1 632.48 <	5	
Kök Çapı (mm)	< 3.69	5	15
	3.70 - 475	3	
	4.76 <	1	
Kök Yüzey Alanı (cm²)	< 571.76	1	15
	571.77 – 944.92	3	
	944.93 <	5	
Kök Hacmi(cm³)	< 41.13	1	25
	41.14 – 68.76	2	
	68.77 – 96.39	3	
	96.40 – 124.02	4	
	124.02 <	5	
Kök Kuru Ağırlığı (g)	< 1.34	1	15
	1.35 – 2.19	3	
	2.20 <	5	
Kök Dallanma Sayısı (adet)	< 2 446.67	1	10
	2 446.68 – 3 981.83	3	
	3 981.84 <	5	

3. Bulgular ve Tartışma

C. baccatum türüne ait biber genotiplerinde, incelenen kök mimarisi parametreleri (toplam kök uzunluğu, kök çapı, kök yüzey alanı, kök hacmi, kök dallanma sayısı ve kök kuru ağırlığı) yönünden yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak biber genotipleri arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Dikimden itibaren 30. gün sonunda yapılan kök tarama analizi sonuçlarına göre toplam kök uzunluğu (cm) değerlerinin 325.76 cm ile 1959.15 cm değeri arasında dağılım gösterdikleri saptanmıştır (Çizelge 3). Toplam kök uzunluğu değeri en fazla 1959.15 cm ile CB-46 genotipinde ölçülmüştür. Bunu 1834.41 cm ile CB-44 ve 1832.88 cm ile CB-29 genotipleri takip etmiştir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde en düşük toplam kök uzunluğu ise 325.76 cm ile CB-22 genotipinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Karağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *C. annuum*’da kök uzunluğunun ortalama 810 cm, *C. baccatum*’da 778 cm ve *C. chinense* türünde ise 922 cm olduğunu tespit etmişlerdir. Fita ve ark. (2013) ise *Capsicum* cinsine ait dört farklı türün kök mimarisini inceledikleri çalışmada 3.2 m kök uzunluğu değeri ile *C. baccatum*’un ön plana çıktığını bildirmişlerdir. Ortaya çıkan bu farklılığın, kök analizinin yapıldığı gün sayısı ve türlerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kök tarama analizi sonuçlarına göre ortalama kök çapı değerlerinin 2.64 mm ile 5.80 mm arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ortalama kök çapı en fazla 5.80 mm ile CB-86 genotipinde ölçülmüştür. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin en düşük ortalama kök çapı değeri ise 2.64 mm ile CB-72 genotipinde belirlenmiştir. Peláez-Anderica ve ark. (2011), *Capsicum* türlerine ait yabani, yerel ve ticari çeşitlerden oluşan 17 genotipte, ortalama kök çapı değerlerinin 0.48 mm ile 0.75 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özgen (2020), hibrit dolmalık biber genotiplerinde ortalama kök çapı değerlerinin 2.50 mm - 4.98 mm arasında değişim gösterdiği bildirmiştir. Fita ve ark. (2013), farklı türlere ait 23 biber genotipinin kök çaplarını incelemişler ve 3 mm’den daha dar çaplı genotiplerin toplam kök uzunluğunun diğer türlere göre *C. baccatum* türünde oldukça yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Analiz sonuçları, biber genotiplerine göre değişmekle birlikte belirtilen literatür ile genelde uyum göstermiştir. Genotiplerin ortalama kök yüzey alanı değeri 756.43 cm²

olarak bulunmuştur. En yüksek değerler, CB-36 (1318.08 cm²) ve CB-21 (1116.93 cm²) genotiplerinde ölçülmüştür. En düşük kök yüzey alanı değerleri ise CB-52 (198.60 cm²) ve CB-22 (243.42 cm²) genotiplerinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Karaağaç ve ark. (2020) *Capsicum* türlerinde yapmış oldukları çalışmada ortalama kök yüzey alanı değerlerinin 581.3 cm²-890.7 cm² arasında değiştiğini, tür bazında değerlendirildiğinde ise *C. chinense* (786 cm²), *C. baccatum* (739 cm²) ve *C. annuum* (607 cm²) şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Biber genotipleri arasında kök yüzey alanları yönünden ortaya çıkan farklılıklar tür ve genotip etkisinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. *Capsicum baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök uzunluğu (cm), ortalama kök çapı (mm) ve kök yüzey alanı (cm²) değerleri

Genotip No	Kök Uzunluğu (cm)	Ortalama Kök Çapı (mm)	Kök Yüzey Alanı (cm ²)
CB-1	518.49 l-q	5.41 a-c	856.68 b-o
CB-2	950.06 a-b	3.68 d-r	710.18 f-s
CB-3	744.14 a-o	3.19 d-r	904.43 b-j
CB-4	616.18 e-q	4.55 a-ı	881.06 b-l
CB-6	858.09 a-f	3.56 d-r	962.18 b-f
CB-11	816.02 a-j	3.08 j-r	789.03 d-q
CB-12	857.48 a-f	3.99 d-r	1063.71 a-d
CB-16	499.55 m-q	5.59 ab	877.26 b-m
CB-17	848.40 a-g	3.89 d-r	1033.90 b-e
CB-18	573.07 h-q	4.47 a-k	807.99 c-q
CB-20	716.00 a-o	3.71 d-r	836.21 b-p
CB-21	872.90 a-e	4.09 c-q	1116.93 ab
CB-22	325.76 t	3.43 e-r	243.42 vw
CB-23	831.19 a-ı	2.72 qr	713.10 f-s
CB-27	916.41 a-c	2.95 n-r	839.08 b-p
CB-28	946.39 ab	3.03 l-r	878.10 b-m
CB-29	1832.88 a	3.62 d-r	939.08 b-g
CB-31	898.33 a-d	3.16 ı-r	892.72 b-k
CB-33	886.67 o-s	3.62 d-r	572.98 p-u
CB-34	589.96 g-q	3.82 d-r	708.54 f-s
CB-36	947.55 ab	4.63 a-h	1318.08 a
CB-38	621.26 e-q	3.44 e-r	673.90 g-s
CB-39	708.98 a-o	3.00 m-r	653.80 h-s
CB-40	758.71 a-m	4.14 c-p	963.10 b-f
CB-41	752.54 a-n	3.44 e-r	813.73 c-q
CB-42	806.87 a-j	3.04 l-r	776.35 e-q
CB-44	1834.41 a	3.10 j-r	808.20 c-q
CB-45	752.66 a-n	3.28 f-r	778.13 e-q
CB-46	1959.15 a	2.97 m-r	886.07 b-l
CB-47	573.37 h-q	4.79 a-e	867.96 b-m
CB-48	746.52 a-o	3.73 d-r	885.72 b-l
CB-49	540.64 k-q	3.59 d-r	617.42 k-t
CB-50	740.68 a-o	4.67 a-f	1082.06 a-c
CB-51	790.21 g-q	2.93 o-r	539.17 q-u
CB-52	574.54 h-q	2.89 o-r	198.60 w
CB-53	421.64 q-t	2.73 p-r	360.71 t-w
CB-55	421.46 q-t	4.03 c-r	535.67 q-u
CB-56	576.68 h-q	4.94 a-d	894.49 b-k
CB-57	663.52 c-q	4.65 a-g	944.09 b-g
CB-58	926.68 a-c	4.37 b-m	294.04 u-w

Çizelge 3. *Capsicum baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök uzunluğu (cm), ortalama kök çapı (mm) ve kök yüzey alanı (cm²) değerleri (devamı)

Genotip No	Kök Uzunluğu (cm)	Ortalama Kök Çapı (mm)	Kök Yüzey Alanı (cm ²)
CB-59	572.12 ı-q	3.32 f-r	608.28 l-t
CB-60	579.34 h-q	3.07 k-r	558.87 p-u
CB-61	533.48 l-q	3.78 d-r	627.02 j-t
CB-62	492.06 n-r	3.19 ı-r	486.45 r-v
CB-63	596.65 f-q	3.21 ı-r	598.81 m-t
CB-64	421.25 q-t	3.52 e-r	473.93 s-w
CB-65	513.58 l-q	3.14 ı-r	477.66 s-w
CB-66	693.81 b-p	4.35 b-n	648.79 b-g
CB-67	705.69 a-o	2.65 r	582.69 o-t
CB-69	803.37 a-j	4.19 b-o	1042.35 a-e
CB-70	563.91 j-q	3.63 d-r	641.00 j-t
CB-71	701.96 a-o	2.97 mr	644.11 ı-s
CB-72	940.49 ab	2.64 r	769.24 e-q
CB-73	725.10 a-o	4.25 b-o	969.63 b-f
CB-74	801.01 a-k	3.97 ı-r	794.82 d-q
CB-75	924.20 a-c	3.18 ı-r	925.52 b-ı
CB-76	750.54 a-n	3.73 d-r	886.63 b-l
CB-77	524.96 l-q	3.45 e-r	584.78 n-t
CB-78	437.95 p-t	4.42 a-l	621.33 k-t
CB-82	800.78 a-k	3.25 g-r	811.63 c-q
CB-83	622.59 e-q	4.77 a-e	934.05 b-h
CB-84	637.36 d-q	4.48 a-j	866.06 b-n
CB-85	618.15 e-q	4.15 c-o	802.66 c-q
CB-86	581.88 h-q	5.80 a	1015.12 b-e
CB-87	624.32 e-q	3.65 d-r	271.73 f-s
\bar{X}	744.69±292.40	3.73±0.73	756.43±220.19
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Ortalama kök hacmi değerleri 13.50 cm³ ile 151.65 cm³ arasında dağılış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4). CB-36 (151.65 cm³) ve CB-86 (146.67 cm³) genotiplerinde en yüksek kök hacmi değeri elde edilmiştir. En düşük kök hacmi değeri; CB-52 (13.50 cm³) ve CB-22 (20.88 cm³) genotiplerinde ölçülmüştür (Çizelge 4). Karaağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *Capsicum* türlerinde kök hacmi değerlerinin değışkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde kök hacim değerlerinin 39.03 cm³-73.90 cm³ arasında dağılış gösterdiğini belirlemişlerdir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin köklerinde dallanma sayıları 911.5 adet ile 5517.0 adet arasında değışim göstermiştir. Kök dallanma sayısı en fazla 5517.0 adet ile CB-36 genotipinde belirlenmiştir. *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinde en düşük kök dallanma sayısının ise CB-2 (911.5 adet) genotipinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Özgen (2020), yapmış olduğu çalışmada hibrit dolmalık biber genotiplerinin köklerinde bulunan dallanma sayılarının, 8332.0 adet ile 17598.0 adet arasında dağılış gösterdiğini tespit etmiştir. 0.48 g ile 3.05 g arasında değışim göstermiştir (Çizelge 4). *C. baccatum* türüne ait biber genotiplerinin kuru kök ağırlıkları incelendiğinde en yüksek değeri, CB-66 (3.05 g) ve en düşük ise CB-52 (0.48 g) genotipinde saptanmıştır. Karaağaç ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada *C. baccatum* türünün ortalama 0.63 g kök kuru ağırlığı değeri ile en yüksek performansı gösteren tür olduğu bildirmişlerdir. Araştırma sonuçları belirtilen literatürleri genel olarak destekler nitelikte bulunmuştur.

Çizelge 4. *C. baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök hacmi (cm³), kök kuru ağırlığı (g) ve kök dallanma sayısı (adet) değerlerine ait parametreler

Genotip No	Kök Hacmi (cm ³)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Dallanma Sayısı (adet)
CB-1	115.85 a-e	1.70 c-l	3825.5 c-p
CB-2	65.33 g-u	1.40 g-p	3109.5 h-t
CB-3	87.83 c-p	1.46 f-p	4384.0 a-ı
CB-4	100.25 b-n	1.95 b-ı	3512.5 d-s
CB-6	86.41 c-q	1.58 d-n	4443.5 a-h
CB-11	61.80 ı-v	1.75 c-k	3986.5 b-n
CB-12	105.56 a-k	1.80 c-j	5352.5 ab
CB-16	122.65 a-d	1.55 d-n	3200.0 g-t
CB-17	100.59 b-n	2.05 b-h	4759.0 a-d
CB-18	91.06 c-o	1.25 h-q	3268.5 e-t
CB-20	77.74 c-s	2.00 b-h	3843.5 c-o
CB-21	115.02 a-f	2.35 a-d	5190.5 a-c
CB-22	20.88 u-v	0.64 pq	1077.5 vw
CB-23	48.70 o-v	1.21 h-q	3857.5 c-o
CB-27	61.54 ı-v	1.12 ı-q	4352.0 a-ı
CB-28	67.31 e-u	1.72 c-k	4357.0 a-ı
CB-29	84.80 c-r	1.57 d-n	3979.5 b-n
CB-31	70.59 e-t	1.24 h-q	4616.0 a-g
CB-33	55.34 l-v	0.96 j-q	2245.5 q-w
CB-34	67.74 e-u	1.15 ı-q	2780.0 j-u
CB-36	151.65 a	1.48 e-p	5517.0 a
CB-38	58.31 k-v	0.87 l-q	3219.5 f-t
CB-39	49.34 o-v	1.00 j-q	3259.5 f-t
CB-40	100.19 b-n	1.75 c-k	4142.0 a-j
CB-41	70.03 e-t	1.38 g-p	3493.0 d-s
CB-42	59.52 k-v	1.75 c-k	3971.5 b-n
CB-44	62.55 h-v	1.47 f-p	4008.0 b-m
CB-45	64.01 g-u	1.38 g-p	3400.5 d-s
CB-46	65.80 g-u	1.26 h-q	4775.5 a-d
CB-47	109.09 a-j	1.35 h-p	3144.5 h-t
CB-48	87.59 c-p	2.35 a-d	3664.0 d-q
CB-49	56.44 l-v	2.72 ab	2557.0 n-u
CB-50	126.19 a-c	2.20 b-g	4051.5 b-k
CB-51	39.31 p-v	0.93 k-q	2666.0 k-u
CB-52	13.50 v	0.48 q	911.5 w
CB-53	24.56 t-v	0.65 o-q	1659.0 u-w
CB-55	54.24 m-v	0.98 j-q	1921.0 t-w
CB-56	112.52 a-g	2.00 b-h	3707.5 d-p
CB-57	110.44 a-ı	2.45 a-c	3886.0 c-o
CB-58	31.84 s-v	0.68 o-q	1066.0 vw
CB-59	51.83 n-v	1.05 j-q	2753.5 j-u
CB-60	42.97 o-v	0.91 k-q	2682.0 k-u
CB-61	59.40 k-v	1.31 h-q	2512.5 o-u
CB-62	38.39 q-v	0.66 o-q	2270.5 q-w
CB-63	49.16 o-v	1.05 j-q	2986.5 ı-u

Çizelge 4. *C. baccatum* türlerine ait biber genotiplerinde kök hacmi (cm³), kök kuru ağırlığı (g) ve kök dallanma sayısı (adet) değerlerine ait parametreler (devamı)

Genotip No	Kök Hacmi (cm ³)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Dallanma Sayısı (adet)
CB-64	42.88 o-v	0.74 n-q	2104.5 s-w
CB-65	35.82 r-v	0.84 m-q	2604.0 l-u
CB-66	103.25 a-m	3.05 a	4381.0 a-1
CB-67	38.45 q-v	0.95 k-q	3239.0 f-t
CB-68	61.30 j-v	1.29 h-q	4016.5 b-l
CB-69	112.43 a-g	2.32 a-e	4648.5 a-f
CB-70	58.25 k-v	1.75 c-k	2578.0 m-u
CB-71	48.64 o-v	1.05 j-q	3556.5 d-r
CB-72	50.55 o-v	0.95 k-q	4042.5 b-k
CB-73	103.44 a-l	1.55 d-n	4441.5 a-h
CB-74	62.90 h-u	1.10 i-q	4031.0 b-l
CB-75	73.89 d-s	1.65 c-m	4702.5 a-e
CB-76	83.74 c-r	1.15 i-q	3833.5 c-p
CB-77	52.01 n-v	1.35 h-p	2400.5 p-v
CB-78	80.00 c-s	1.10 i-q	2130.5 r-w
CB-82	65.55 g-u	1.31 h-q	4282.0 a-1
CB-83	111.54 a-h	1.50 e-o	3155.5 h-t
CB-84	102.22 b-m	1.40 g-p	3028.5 h-u
CB-85	83.20 c-r	1.07 j-q	3308.5 e-t
CB-86	146.67 ab	2.28 a-f	4375.5 a-1
CB-87	66.14 f-u	1.67 c-m	3290.5 e-t
\bar{X}	73.92±30.02	1.43±0.53	3462.4±1012.4
P	< 0.05	< 0.05	< 0.05

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Seleksiyon, bitki popülasyonunun yapısını değiştiren önemli bir etkidir. Seleksiyon bir popülasyondaki gen frekansını değiştirdiği için bazı genotipleri azaltmakta ya da çoğaltmaktadır. Buna bağlı olarak popülasyonun genetik yapısı değişmektedir (Yıldırım, 1985; Balkaya ve ark., 2011). Biber anaç ıslah programında bulunan *C. baccatum* türüne 66 adet genotip; kök mimarisini oluşturan özellikler yönünden incelenerek istatistiksel olarak gruplandırılmaları yapılmıştır. Ancak yapılan değerlendirmede birçok genotipin incelenen fenotipik kök özellikleri yönünden sıralamalarının değişkenlikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, *C. baccatum* türüne ait ümitvar genotiplerin seleksiyonunda ağırlıklı tartılı derecelendirme metodundan faydalanılmıştır.

Ağırlıklı tartılı derecelendirme sonucunda, *C. baccatum* türüne 66 adet genotipin her bir kök parametresi yönünden aldıkları toplam puanlar, 150-410 puan arasında değişim göstermiştir (Çizelge 5). İncelenen genotiplerde % 10 seleksiyon şiddeti uygulanarak en yüksek puanı alan ilk 6 genotip (CB-50, CB-21, CB-69, CB-36, CB-29 ve CB-44) biber anaç ıslah programı için seçilmiştir (Şekil 1). Önümüzdeki yıl fenotipik kök yapısı unsurları yönünden öne çıkan ümit var biber genotipleri, türler arası melezleme programında ebeveyn olarak kullanılacaktır. Ayrıca bu genotiplerin farklı biber çeşitleri ile aşı uyumu durumları da incelenecektir. Araştırma sonucunda en yüksek puanı alan genotiplerin hepsinin *C. baccatum* var. *pendulum* alt türüne ait olduğu belirlenmiştir.

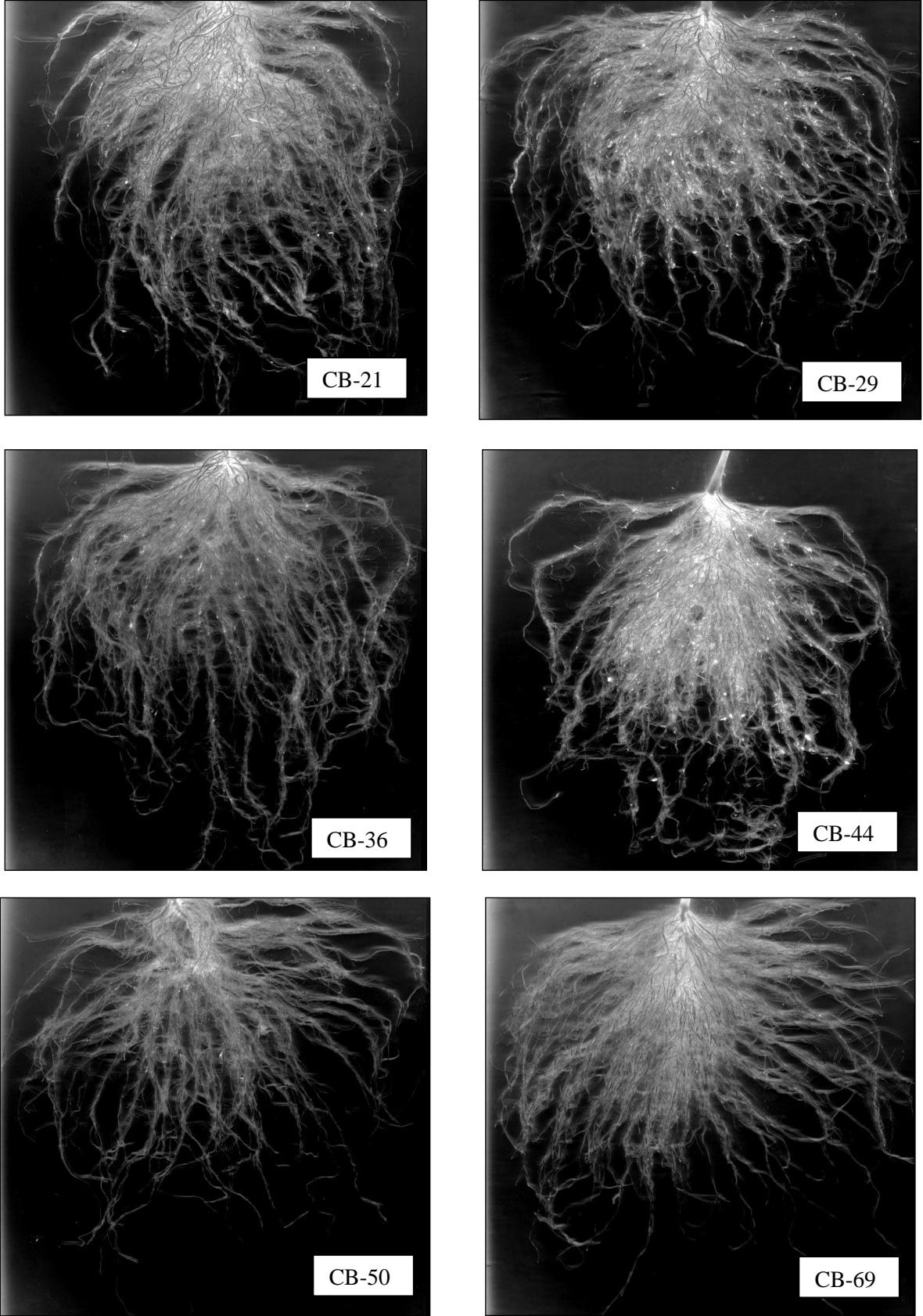
Çizelge 5. Genotiplere ait ağırlıklı tartılı derecelendirme puanları

Genotip No	KU*	KÇ	KYA	KH	KKA	DS	Toplam Puan
CB-50	40	45	75	125	75	50	410
CB-21	40	45	75	100	75	50	385
CB-69	40	45	75	100	75	50	385
CB-36	40	45	75	125	45	50	380
CB-29	100	75	45	75	45	30	370
CB-44	100	75	45	50	45	50	365
CB-6	40	75	75	75	45	50	360
CB-86	20	15	75	125	75	50	360
CB-12	40	45	75	100	45	50	355
CB-17	40	45	75	100	45	50	355
CB-40	40	45	75	100	45	50	355
CB-66	40	45	45	100	75	50	355
CB-73	40	45	75	100	45	50	355
CB-46	100	75	45	50	15	50	335
CB-57	40	45	45	100	75	30	335
CB-3	40	75	45	75	45	50	330
CB-75	40	75	45	75	45	50	330
CB-41	40	75	45	75	45	30	310
CB-48	40	45	45	75	75	30	310
CB-11	40	75	45	50	45	50	305
CB-28	40	75	45	50	45	50	305
CB-31	40	75	45	75	15	50	300
CB-49	20	75	45	50	75	30	295
CB-2	40	75	45	50	45	30	285
CB-4	20	45	45	100	45	30	285
CB-42	40	75	45	50	45	30	285
CB-45	40	75	45	50	45	30	285
CB-84	20	45	45	100	45	30	285
CB-20	40	45	45	75	45	30	280
CB-27	40	75	45	50	15	50	275
CB-68	40	75	45	50	15	50	275
CB-72	40	75	45	50	15	50	275
CB-82	40	75	45	50	15	50	275
CB-70	20	75	45	50	45	30	265
CB-1	20	15	45	100	45	30	255
CB-16	20	15	45	100	45	30	255
CB-23	40	75	45	50	15	30	255
CB-39	40	75	45	50	15	30	255
CB-47	20	15	45	100	45	30	255
CB-56	20	15	45	100	45	30	255
CB-71	40	75	45	50	15	30	255
CB-83	20	15	45	100	45	30	255

Çizelge 5. Genotiplere ait ağırlıklı tartılı derecelendirme puanları (devamı)

Genotip No	KU*	KÇ	KYA	KH	KKA	DS	Toplam Puan
CB-76	40	45	45	75	15	30	250
CB-74	40	45	45	50	15	50	245
CB-77	20	75	45	50	45	10	245
CB-33	40	75	45	50	15	10	235
CB-38	20	75	45	50	15	30	235
CB-59	20	75	45	50	15	30	235
CB-63	20	75	45	50	15	30	235
CB-87	20	75	15	50	45	30	235
CB-18	20	45	45	75	15	30	230
CB-67	40	75	45	25	15	30	230
CB-85	20	45	45	75	15	30	230
CB-78	20	45	45	75	15	10	210
CB-34	20	45	45	50	15	30	205
CB-60	20	75	15	50	15	30	205
CB-61	20	45	45	50	15	30	205
CB-51	40	75	15	25	15	30	200
CB-64	20	75	15	50	15	10	185
CB-65	20	75	15	25	15	30	180
CB-22	20	75	15	25	15	10	160
CB-52	20	75	15	25	15	10	160
CB-53	20	75	15	25	15	10	160
CB-62	20	75	15	25	15	10	160
CB-55	20	45	15	50	15	10	155
CB-58	40	45	15	25	15	10	150

*KU: Kök uzunluğu, KÇ: Ortalama kök çapı, KYA: Kök yüzey alanı, KH: Kök hacmi, KKA: Kök kuru ağırlığı, DS: Dallanma sayısı



Şekil 1. Ağırlıklı tartılı derecelendirme sonucunda öne çıkan *Capsicum baccatum* biber genotiplerinin kök mimarileri.

4. Sonuç

Araştırma sonucunda; fenotipik kök özellikleri ve kök mimarileri yönünden *Capsicum baccatum* biber genotiplerinin yüksek düzeyde varyasyona sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışma ile biber bitkisinde topraktan besin ve su alımının bitki isteklerini karşılayabilmesinde kök uzunluğu ve kök hacminin önemli kriterler olduğu ortaya konulmuştur.

Seleksiyon çalışmasında hedeflendiği şekilde ağırlıklı tartılı derecelendirme yöntemine göre fenotipik kök özellikleri yönünden güçlü kök yapısına sahip olan en yüksek puan alan altı adet genotip seçilmiştir. Biber anaç ıslah programında gelecek çalışmalarda kök yapısı güçlü olan bu genotiplerin aşı başarı oranları, türler arası melezlenebilirlik durumları ve abiyotik stres koşullarına tepkilerinin incelenmesi planlanmaktadır. Böylece bu genetik materyallerin biber anaç ıslahında değerlendirilmesi ve yerli biber anaçlarının geliştirilmesi ile aşıli biber fidesi üretiminde kullanımlarının sağlanması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Aslı Kanal'ın Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında tamamlanmış olan yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından oluşturulmuştur

Kaynakça

- Aidoo, M.K., Sherman, T., Ephrath, J.E., Fait, A., Rachmilevitch, S., & Lazarovitch, N. (2018). Grafting as a method to increase the tolerance response of bell pepper to extreme temperatures. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1-8. doi:10.2136/vzj2017.01.0006
- Anonim (2008). *Bahçecilik*. Biber yetiştiriciliği Notları, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemlerinin Güçlendirilmesi Projesi, 47 s., Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Balkaya, A., Kurtar, E.S., Yanmaz, R., & Özbakır, M. (2011). *Karadeniz Bölgesi kestane kabağı (Cucurbita maxima) populasyonlarından seleksiyon ıslahı yoluyla geliştirilen çeşit adayları*. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, Bildiriler Kitabı-1, 17-22. Samsun.
- Barboza, G.E., Garcia, C.C., Gonzalez, S.L., Scaldaferrro, M., & Reyes, X. (2019). Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *PLoS ONE* 14(1): e0209792. doi:10.1371/journal.pone.0209792
- Bui, H.H., Serra, V., & Pagès, L. (2015). Root system development and architecture in various genotypes of the Solanaceae family. *Botany*, 93(8), 465-474. doi:10.1139/cjb-2015-0008
- Dorlodot, S., Forster, B., Pagès, L., Price, A., Tuberosa, R., & Draye, X. (2007). Root system architecture: opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends in Plant Science*, 12 (10), 474-481. doi:10.1016/j.tplants.2007.08.012
- Eken N.İ. & Mavi, K. (2016). Çan biberinde (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) meyve olgunluk dönemleri ile tohum gelişimi ve kalitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22, 69-76.
- Eshbaugh, W.H. (2012). The taxonomy of the genus *Capsicum*. In: V.M. Russo (Ed), *Peppers Botany, Production and Uses*. (pp: 14-28). Wallingford, UK: CABI.
- Eşiyok, D. (2012). *Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, s. 410. İzmir.
- FAO, (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Erişim tarihi: 26.12.2020.
- Fita, A., Alonso-Valero, I., Andrés, J., Mateu, M.C., & Rodríguez Burruezo, A. (2013). *Evaluating Capsicum spp. root architecture under field conditions*. Paper presented at the XVth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting, Hungary, pp. 373-376.
- Hennart, J.W. (2017). *Capsicum Rootstock*. U.S. Patent No. 9,683,243. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Grubben, G.J., Tindall, H.D., & Williams, J.T. (1977). *Tropical Vegetables and Their Genetic Resources*, p. 197, Rome, Italy.
- Greenleaf, W.H. (1986). Pepper breeding. In: M.J. Basset (Ed.), *Breeding Vegetable Crops*. (pp: 76-82). Avi Publishing Company.

- Jarret, R.L. (2007). Morphologic variation for fruit characteristics in the USDA/ARS *Capsicum baccatum* L. germplasm collection. *Hortscience* 42 (5), 1303-1305. doi:10.21273/HortScience.42.5.1303
- Karaağaç, O. & Balkaya, A. (2010). Bafra kırmızı biber populasyonlarının [*Capsicum annuum* L. var. conoides (Mill.) Irish] tanımlanması ve mevcut varyasyonun değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 25(1), 10-20. doi: 10.7161/anajas.2010.25.1.10-20.
- Karaağaç, O., Balkaya, A., Göçmen, M., Şimşek, İ., & Kandemir, D. (2018). Use of phenotypic selection and hypocotyl properties as predictive selection criteria in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) rootstock lines used for grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedling cultivation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(2), 124-135. doi:10.3906/tar-1709-52
- Karaağaç, O. (2020). Hybrid Cucurbita rootstocks improve root architecture, yield, quality, and antioxidant defense systems of cucumber (*Cucumis sativus*) under low temperature conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(3), 613-622. doi: 10.17957/IJAB/ 15.1331
- Karaağaç, O., Taş, K., Özgen, R., Kanal, A., & Balkaya, A. (2020). *Capsicum* türlerinin kök yapılarının incelenmesi ve kök özellikleri yönünden karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2), 266-279. doi:10.29133/yyutbd.713437
- Koevoets, I.T., Venema, J.H., Elzenga, J.T., & Testerink, C. (2016). Roots withstanding their environment: exploiting root system architecture responses to abiotic stress to improve crop tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 1335, 1-19. doi:10.3389/fpls.2016.01335
- Ou, L.J., Dai, X.Z., Zhang, Z.Q., & Zou, X. (2011). Responses of pepper to waterlogging stress. *Photosynthetica*, 49(3), 339. doi:10.1007/s11099-011-0043-x
- Özgen, R. (2020). *Hibrit dolmalık biber (C. annuum var. grossum) kombinasyonlarının düşük sıcaklığa toleranslık düzeylerinin incelenmesi ve sonbahar yetiştiriciliğine uygun çeşit adaylarının saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi) Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun, Türkiye.
- Paez-Garcia, A., Motes, C., Scheible, W.R., Chen, R., Blancaflor, E., & Monteros, M. (2015). Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. *Plants*, 4(2), 334-355. doi:10.3390/plants4020334
- Peláez-Anderica, E., Rodríguez-Burruezo, A., Prohens, J., & Fita, A. (2011). Root seedling morphology diversity in *Capsicum* spp. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*, 68(1), 535-536.
- Penella, C., Nebauer, S. G., López-Galarza, S., Quiñones, A., San Bautista, A., & Calatayud, Á. (2017). Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. *Scientia Horticulturae*, 226, 33-41. doi:10.1016/j.scienta.2017.08.020
- Pickersgill, B. (1980). Some aspects of interspecific hybridization in *Capsicum*. In *Proceedings of the Eucarpia IVth Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant*, Wageningen, The Netherlands.
- Pico, B., Thompson, A., Gisbert, C., Yetişir, H. & Bebeli, P. (2017). Genetic resources for rootstock breeding. *Vegetable grafting: principles and practices*, 22-69. doi: 10.1079/9781780648972.0022
- Ribeiro, C., Reifschneider, F., Carvalho, S., Bianchetti, L., & Buso, G. (2020). Embrapa's Capsicum Breeding Program-looking back... into the future. *Crop Breed Genet Genom.* 2(1):1-26. doi:10.20900/cbagg20200001
- Sarıbaş, Ş., Balkaya, A., Kandemir, D. & Karaağaç, O. (2019). Yerli patlıcan anaçlarının (*Solanum melongena* x *Solanum aethiopicum*) potansiyeli ve fenotipik kök mimarisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2(3),138-146.
- Schwarz D, Roupheal Y, Colla G & Venema J.H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants, *Scientia Horticulturae*, 127, 162-171. doi:10.1016/j.scienta.2010.09.016
- Sharma, V. K., Srivastava, A., & Mangal, M. (2020). Recent Trends in Sweet Pepper Breeding. In S.S. Gosal, S.H. Wani (Eds.), *Accelerated Plant Breeding, Volume 2*, pp. 417-444. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-47298-6_16

- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., & Polat, S. (2008). *Özel Sebzeçilik*, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s.448, Tekirdağ.
- TTSM, (2019). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/30/Kayit-Listeleri> Erişim tarihi: 13.02.2019.
- TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim tarihi: 28.04.2020.
- Yıldırım, M. (1985). *Populasyon Genetiği II*. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı. 236s.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Donatı Elemanlarının Kentsel Alanlara Etkisi: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü Örneği

Mustafa GÜLEN*¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 65130, Van, Türkiye
Mustafa GÜLEN, ORCID No: 0000-0001-5012-6291

*Sorumlu yazar e-posta: mustafagulen@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 11.05.2020
Kabul: 12.04.2021
Yayınlanma Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Van Yüzüncü Yıl
Üniversitesi,
Kentsel Donatılar,
Kamusal Alan,
Tasarım

Öz: Hızlı ve yoğun yapılaşmaya maruz kalan kentlerde, kentlilerin sosyo-kültürel, psikolojik ve fiziksel gereksinimlerini karşılayacak kentsel mekanlara ve bu mekanlarda yer alacak donatılara gereksinim vardır. Tüm kentlilerin ortak kullanımına açık olan bu mekanlar dinlenme ve sosyalleşme imkanı sunan önemli kamusal alanlardır. Kamusal alanların ve kentsel donatıların niteliği ve tasarımı kent kimliğinin oluşmasında ve bireysel konforun sağlanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Kentlerin önemli parçalarından biri olan üniversite kampüsleri de kent içi ve çeperlerinde konumlanarak rekreasyon ve sosyal etkileşim işlevlerini barındıran kamusal alanlara sahiptir. Bu çalışma, 2019-2020 bahar döneminde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi mimarlık bölümünde açılan ‘kentsel donatılar’ dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Kampüs alanı içerisinde yedi farklı kamusal alan seçilmiştir. Seçilen bu alanlarda yer alan donatı elemanlarının potansiyel kullanım özellikleri ve bu alanlarda mevcut sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Donatı elemanlarının tasarımında ve konumlanmalarında sorunlar saptanmıştır. Bu bağlamda mekânsal düzenleme ve donatı niteliklerinin iyileştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

The Effect of Equipment Elements on Urban Areas: The Case of Van Yüzüncü Yıl University Campus

Article Info

Received: 11.05.2020
Accepted: 12.04.2021
Published April 2021

Keywords

Van Yüzüncü Yıl University,
Urban Equipment,
Public Spaces,
Design

Abstract: In the cities subject to rapid and intense construction there is a need for urban spaces that meet the citizens’ socio-cultural, psychological and physical needs and equipment to be located in these spaces. These spaces that are open to all citizens’ use are the important public spaces that offer recreation and socialization. Quality and design of public spaces and urban equipment have important effects on the formation of urban identity and providing individual comfort. University campuses, which are one of the important parts of cities, also have public spaces that include recreation and social interaction functions by being located in and around the city. This study was carried out within the scope of the "urban equipment" course opened in the architecture department of Van Yüzüncü Yıl University in the spring term of 2019-2020. Seven different public spaces had been selected within the campus area. Potential usage characteristics of equipment elements located in these selected spaces and the existing problems had been tried to be determined. Problems were found in the design and positioning of the equipment. In this context, the need to improve the spatial arrangement and equipment qualities has emerged.

1. Giriş

Kentsel mekan, doğal ve yapılaşmış çevreden oluşan bir mimarlık ürünüdür (Hasol, 2008). Kente ait olayların vuku bulduğu bir algı alanıdır. İnsanlar, yapıların içinde ve dışında birbirleriyle ve bu mekanlarla etkileşim kurarlar. Bu etkileşim insanların yaşam biçimlerini ve davranışlarını etkiler. Bu sebeple kentsel mekanlar, değişen sosyo-ekonomik koşullara ve kentlerin kültürel dokusuna cevap veren yaşayan organizmalar olarak da değerlendirilirler (İnceoğlu & Aytuğ, 2009). Kentsel mekan tasarımı, insan-çevre etkileşiminin düzenlenmesi, kentsel mekanın kalitesi vb. kavramlar günümüz mimarlık literatürünün de önemli konuları arasında yer almaktadır. Kentlerin ve kentsel mekanların daha yaşanılabilir olması, insanların yaşam kalitesinin ve konforunun artması ve sürdürülebilir mekanların tasarlanması günümüzde giderek artan bir önem kazanmaktadır. Kentsel mekanlar, insan etkileşiminin gerçekleştiği, iletişiminin kurulduğu ve ortak yaşamın var olduğu 'kamusal alan' olarak da ifade edilebilir. Habermas, kamusal alanı toplumsal yaşam içinde herkesin erişebildiği bir alan olarak tariflerken (Habermas, 2004), Arendt, terimin iki anlamına vurgu yapar: "...birincisinde terim, kamu (alanın)'da gözüken her şey herkes tarafından görülebilir, duyulabilir ve mümkün olan en geniş açıklığa sahiptir anlamına gelir... İkincisi, "kamu" terimi, içinde özel olarak bize ait olandan ayrı, hepimiz için ortak olan bir dünyayı ifade eder." (Arendt, 1994). Bu bağlamda kamusal mekânın toplumun tüm bireylerinin karşılaşma, buluşma, ilişki kurma ve bunun üzerinden bir davranış gerçekleştirdiği ortak alan olduğu söylenebilir. Bu alanların tüm kullanıcıların ihtiyaçlarına ve kullanımlarına yönelik olarak düzenlenmesi önemli gözükmektedir. İnsan yaşadığı çevreden bağımsız değildir. Günlük yaşamda sosyal, kültürel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayacak kamusal mekânlara ihtiyaç duyar. Bu anlamda kamusal açık mekanlar (cadde, sokaklar, park, meydan, avlu, iç bahçeler vb.) ve bu mekanlara ait kentsel donatıların (özel mobilyalar) birey-çevre ilişkisindeki yeri ve önemi inkar edilemez.

Donatı elemanları, kent kavramı ile birlikte hayatımıza girmiş, kentsel açık alanlarda, belli bir kullanıcıya ait olmayan belli işlevlere sahip ekipman ve yapılar olarak adlandırılmaktadır (Akyol, 2006; Akpınar Küleçki, 2018). Kentsel donatı elemanları, kamusal alanlarda insanlara çeşitli hizmetler sunan kentsel çevrenin önemli unsurlarından biridir (Cengiz & Karaelmas, 2019). Açık alanlar, kentsel yaşamın özünü ve zenginliğini oluşturan, insanların bir araya gelme ve mekâna özgü deneyimlerin yaşanmasına imkân sağlayan alanlardır. Kentin açık alanları, toplumun ortak etkinliklerini barındıran, her yaştan ve her meslekten insanın faydalandığı, kentin strüktürünü oluşturan mekânlardan biri olarak açıklanabilir (Bakan & Konuk, 1987; Canbay Türkyılmaz & Sarıgül, 2019).

Kentlerin önemli bileşenlerinden biri olan üniversite kampüsleri de öğrenciler, öğretim elemanı/üyeleri ve çoğu zaman o kentlerde yaşayan tüm bireyler için aktif kullanılan açık alanlara sahiptirler. Kampüsler barındırdıkları sokak, meydan, park vb. açık alanlar sayesinde birey-çevre ilişkisinin yoğun yaşandığı yerlerden biridir. Kampüs açık alanlarının kent ile kurduğu ilişki ve kampüslerde yaşayan bireylerin yaşamına olan etkileri düşünüldüğünde bu alanların irdelenmesinin gerektiği düşünülmektedir. Çünkü üniversiteler zamanla büyüme ve gelişme potansiyeline sahiptir. Öğrenci ve personelin artan ihtiyaçlarının karşılanması yeniden planlamalarına bağlıdır (Kurdoğlu & Çelik 2016). Dolayısıyla kampüs açık alanlarında yer alan kentsel donatıların da kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanması gerekir. Donatı elemanları konumlandıkları kentsel mekânı özgün kılan, düzenleyen ve bu alanlarda bir bütünlük sağlayan özelliğe sahiptirler. Donatı elemanlarının tasarımında ve yerleştirilmesinde tasarım ölçütlerine dikkat edilmesi kullanıcının yaşam konforunun artmasını, daha özgün ve kullanışlı tasarımların ortaya çıkmasını sağlar.

Bu çalışmanın amacı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'ndeki açık alanların ve bu alanlarda yer alan kentsel donatıların incelenmesi, eksiklerin tespit edilerek bu alanlar için yeni tasarım önerilerinin sunulmasıdır. Önerilen tasarımların 'doğru' veya 'kesin' gibi iddiaları olmamakla birlikte kullanıcıların konforunun artırılmasına ve kampüs açık alanlarının ve bu alanlarda yer alan kentsel donatıların daha kullanışlı hale getirilmesine bir katkı sunması hedeflenmektedir. Ayrıca Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nün yedi farklı açık alanında 'kamusal alan' üzerinden yapılan bu irdelenmenin kentsel açık alanlar ile kentsel donatıların tasarımına yönelik yapılacak çalışmalara bir altlık oluşturması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nün kentteki önemi, kampüs içinde uzun yıllardır devam eden yapılaşma ve çevre düzenlemeleri ile potansiyel kullanım özellikleri ve kullanıcı çeşitliliği açısından çalışmanın materyali olarak belirlenmiştir. Kampüs

içerisinde açık alanların ve kentsel donatıların yeterliliğini saptamak amacıyla alan araştırması yöntemi uygulanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

İnsanoğlu yaşamın karmaşıklığı ve yoğunluğu içinde yaşadığı kentsel mekanlarda verimli ve konforlu bir zaman geçirme eğilimindedir. Bu da mekanlarda konumlanan donatı elemanları ile doğrudan ilişkilidir. Çünkü donatı elemanları, bireysel ve toplumsal yaşamı kolaylaştırıp, bireyler arası iletişimi sağlayan, mekanı tanımlayan ve tamamlayan bir özelliğe sahiptir (Bayrakçı, 1991; Soydan & Belinay, 2016). Kentsel mekanlardan biri olan kampüsler üzerinden bir değerlendirme yapıldığında, kampüslerde yer alan açık alanlar (park, meydan, bina girişleri, toplanma yerleri vb.) kullanıcılar için bir etkileşim, dinlenme ve farklı amaçlarla kullanılmaları açısından oldukça önemlidir. Canbay Türkyılmaz ve Seçal Sarıgül'e (2019) göre: "Rekreatif eylemlerin daha verimli gerçekleştirilme koşulu, açık alanların anatomik, fizyolojik ve psikolojik gereksinimler doğrultusunda şekillenmesine bağlıdır. Bu noktada çevrenin birey konforu ile olan ilişkisi belirlemektedir." Bu sebeple kampüslerdeki açık alanların düzenlenmesi üzerinde durulması gereken önemli bir tasarım meselesine dönüşür. Kullanıcıların istek ve ihtiyaçları doğrultusunda biçimlenmeleri önem kazanır. Kullanıcılar mekanları doğrudan deneyimleyen kişiler oldukları ve çevre ile karşılıklı etkileşim içinde buldukları için fiziksel çevrenin verimliliği, kalitesi, sahip olduğu özellikler kullanıcı üzerinden değerlendirilebilir.

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bünyesinde 2019-2020 Bahar Dönemi'nde açılan "Kentsel Donatılar" seçmeli dersi fakülte bünyesinde bulunan mimarlık bölümü öğrencilerine açıktır. Bahar döneminde bu ders 36 öğrenci ile yürütülmüştür. Söz konusu ders benzeri diğer dersler gibi öğrencilerin kentsel alan ve kentsel alandaki donatılara ilişkin farkındalığını geliştirmeyi amaçlayarak bu alanlara yönelik kullanıcı ihtiyaçlarına uygun tasarım becerilerini geliştirmek üzere kurgulanmıştır. "Kentsel açık alanlar, kentsel donatı elemanlarının tasarım süreci, kentsel donatı ve mekan, kentsel donatıların sınıflandırılması, kentsel donatıların kullanım süreci" başlıklarını içeren ders üst başlıklarından "kentsel açık alanlar ve donatı elemanları" teması üzerinden oluşmuştur. Bu doğrultuda öğrencilere teorik bilgilendirmeler yapılmış; sonrasında da öğrencilerin ortak çalışmasına imkan tanınmıştır.

Çalışma alanı olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nde yedi farklı açık alan öğrenciler tarafından seçilmiş ve alan araştırması yapılmıştır. Donatı elemanlarının kentsel alanlara etkisi üzerine yapılan çalışmalarda alan araştırması sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu bağlamda çalışmanın ön safhasında kampüs fiziksel dokusu ve donatı elemanlarına yönelik yerinde incelemeler yapılmış ve konuya ilişkin Seçal Sarıgül ve Çiğdem Canbay Türkyılmaz'ın "Kentsel Alanlarda Ergonomi Ölçütleri" Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Kampüsü Örneği" ile Selma Çelikyay ve A. Süha Karayılmaz'ın "Bartın Kent Merkezindeki Kamusal Alanların Kentsel Ergonomi ve Kent Kimliği Açısından İncelenmesi" isimli çalışmaları değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar kamusal alanlarda kullanıcı-çevre etkileşimini ergonomik ölçütler üzerinden irdelemektedir.

Çalışmanın ilk adımı olarak öğrenciler gerçekleştirdikleri gözlemler ve araştırmalar neticesinde alandaki sorunlara, ihtiyaçlara ve beklentilere ilişkin tanıtıcı ve bilgilendirici sunumlar gerçekleştirmişlerdir. Öğrenciler kampüs açık alanları ile gerçekleştirdikleri bu ilk etkileşimin sonrasında geliştirmek istedikleri fikir ve/veya projeleri belirlemişlerdir. Öğrenciler, seçmiş oldukları kampüs içi alanlar ve geliştirmek istedikleri fikir proje üzerine hem gruptaki arkadaşları hem de dersin yürütücü öğretim elemanı ile birlikte çalışmışlardır. Bahar döneminin son beş haftası boyunca süren ve danışmanlık desteğiyle ilerleyen fikirlerin, kampüsün mevcut durumu ve ihtiyaçları doğrultusunda gelişmesi dikkate değer noktalardan biridir. Önemli bir diğer nokta ise öğrencilerin zamanlarının büyük çoğunluğunu geçirdikleri kampüs alanlarında grup çalışma süreç ve biçimleri konusunda deneyim kazanmalarınıdır. Alandaki sorunların tespiti ve geliştirilecek önerilerin farklılıklarının oluşturacağı zenginliklerin dersi alan tüm öğrenciler tarafından görülmesi hedeflenmiştir. Öğrencilerin beş hafta boyunca yaptıkları çalışmaları, süreçteki deneyimlerini ve geliştirdikleri fikirleri dönem sonunda birbirleri ile paylaşımları birlikte öğrenme sürecini desteklemiştir.

Çizelge 1. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsünde incelenen alanlar

Çalışma Alanı	Süreçteki Çalışma Yöntemi	Çalışmanın Sunum Biçimi
Kampüs Otobüs-Minibüs Durakları		
Kampüs Sahil Şeridi		
Yemekhane ve Yakın Çevresi	Gözlem, Yerinde Tespit,	Rapor
KYK Yurtları Yakın Çevresi	Araştırma, Tasarım	Sunum
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi ile Eczacılık Fakültesi'nin Bahçesi		Poster
Kampüs Alle Yolu		
Çalışma Alanları		

Dersin işlendiği beş hafta boyunca öğrenciler ve dersin yürütücüsü olan öğretim üyesi tarafından gerçekleştirilen ve tartışmalarla ilerleyen sorun tespiti ve fikir geliştirme süreci, temelde belirlenen bir sorunun ihtiyaç, beklenti ve talepler çerçevesinde şekillendirilerek nasıl bir fikre/projeye dönüştürüleceğini içermektedir. Öğrenciler kampüs alanı içinde belirledikleri alandaki sorun ve ihtiyaçlara kendi deneyimleri üzerinden bir çözüm önermeye çalışmışlardır. Birbirleri ve kampüste yaşayan diğer kullanıcılar ile gerçekleştirdikleri iletişim-etkileşim süreci ve araştırmalar neticesinde fikirler gelişmiştir.

Kamusal bir alanda yürütülen çalışmada, kullanıcıların zamanlarının büyük bir kısmını geçirdikleri açık alanlar ve bu alanlardaki donatıların niteliklerini fark etmeleri ve bir sorun veya talep/ihtiyaç varsa çözüm üretmeleri amaçlanmıştır. Bu tarz insan-çevre araştırmalarında nitel araştırma yöntemlerinden faydalanmak önemlidir. Bu sebeple bir veri toplama tekniği olarak kullanıcılar ile yapılan sözlü görüşmeler ve yerinde yapılan gözlemler çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır.

Çizelge 1 incelendiğinde kampüs açık alanlarında öğrenci gruplarının çalışma yöntemlerinin “gözlem, yerinde tespit, araştırma, tasarım” biçiminde olduğu elde edilen verilerin de “rapor, sunum ve poster” yoluyla aktarıldığı görülmektedir. Mimarlık disiplini dâhilinde önerilen fikirler kullanıcıların yaşadığı sorunların tespitine ve mevcut alanlardaki kentsel donatıların daha verimli ve konforlu hale dönüştürülmesine odaklanmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Kentsel mekanlar, kente ilişkin olayların vuku bulduğu, toplumun çoğunluğunun ihtiyaçlarının (dinlenme, eğlenme, ulaşım vb.) karşılandığı alanlardır. Sosyo-ekonomik koşullar ve toplumun kültürel yapısı bu mekanları zaman içinde değiştirme ve dönüştürme potansiyeline sahip olmasına rağmen, kentsel mekanların fiziksel özellikleri ve kullanıcılar üzerindeki etkileri bu mekanları özgünleştirmektedir. Kentsel mekanların fiziksel çehresini belirleyen önemli objelerden biri de donatı elemanlarıdır. Bu elemanlar farklı nitelik ve niceliklere sahiptir. İşlevsel ve estetik açıdan konumlandıkları mekanı bir taraftan tamamlarken diğer taraftan kullanıcıların gündelik yaşamlarına anlam katmaktadır. Donatı elemanları, kentsel mekanların görünür kılınmasında, daha kolay algılanmasında ve kullanıcıların bu alanlarla etkileşiminde önemli bir yere sahiptir. Donatı elemanları konumlandıkları kentsel alanlarda çevre ile bütünleşerek kentin önemli bir ögesine dönüşürler (Güremen, 2010). Donatı elemanları kentsel alanların bir parçasına dönüşerek bu alanların daha iyi algılanabilmesi ve okunabilmesine de hizmet etmektedirler. Dolayısıyla bu elemanların tasarımı, üretimi ve yer seçimi gibi konulara özen gösterilmelidir.

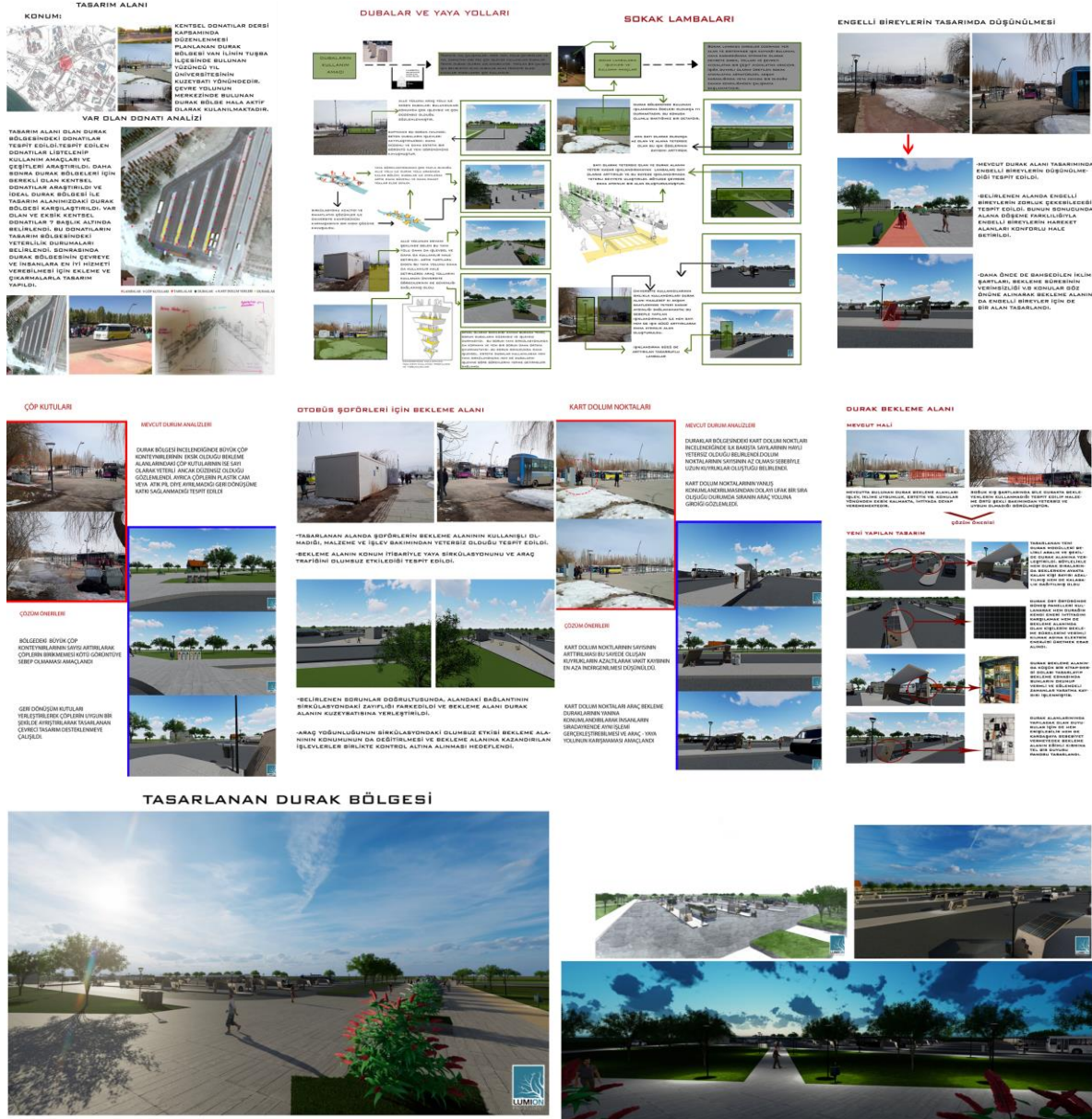
Gündelik yaşamda bireyler yaşam alanlarında kaliteli vakit geçirmek eğilimindedir. Özellikle genç nüfusun kampüs açık alanlarını çalışma, dinlenme, eğlenme vb. amaçlarla yoğun bir şekilde kullandığı bilinmektedir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanında yedi farklı noktada kentsel donatılara yönelik yapılan alan araştırmasında kullanıcı konforunun ve yaşam kalitesinin yeterince dikkate alınmadığı, mevcut donatı elemanlarının ise ergonomik açıdan uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir. Oysa fiziksel çevrenin tasarımının kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda biçimlenmesi önemlidir. Bu bağlamda kampüs açık alan düzenlenmesinde ve donatı elemanı

tasarımında fiziksel çevre-birey konforu ilişkisi önem kazanmaktadır. Donatı elemanlarının verimliliğinin artırılması için de tasarımda ergonomik ölçütlerin dikkate alınması gerekir. Çünkü ergonomik ölçütler, mekanın olumsuz etkilerini ortadan kaldırırken kullanıcıların kendilerini konforlu hissetmelerini sağlar. Bu doğrultuda Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanı içinde tespit edilen sorunlara çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır. Fakat bu önerilerin “doğru” ve/veya “kesin çözüm” vb. bir iddiası yoktur.

3.1 Kampüs otobüs-minibüs durakları

Bu alan kampüs yerleşkesinin kuzeybatısında konumlanmaktadır. Kampüs çevre yolu üzerinde yer alan durak aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Şekil 1 görülmekte olan poster, Meryem Şan, Dilfuruz Şahar, Bahar Almanar, Kadir Kurt ve Burak Dönmez tarafından kampüs servis duraklarına erişim, kullanım, alandaki mevcut donatılar üzerinden kullanıcılar ile yaptıkları görüşmeler ve yerinde yapılan gözlem ve tespitler neticesinde geliştirdikleri fikir projesine aittir. Söz konusu posterde öğrenciler, öncelikle sorunları tespit etmiş daha sonra bu sorunlara çözüm üretmeye çalışmışlardır.

Çalışma alanında durakların yanlış konumlandırıldığı ve kullanılan malzemenin uygun olmadığı, araç ve yaya yolu ayrımının yapılmadığı, servis bekleme noktalarının bölgenin iklim koşullarından bağımsız olduğu, erişilebilirlik ile ilgili düzenlemelerin yetersiz kaldığı, yeterli ve düzenli aydınlatma elemanlarının, kart dolum cihazlarının ve çöp kutularının olmadığı tespit edilmiştir. Bu noktada tespit edilen her sorunun çözümü için bir öneri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bölgenin iklim koşulları düşünülerek servis araçlarını beklerken farklı şekilde zaman geçirebilecekleri daha işlevli yeni duraklar tasarlanmıştır. Bu durakların sayıları artırılarak alanda yeni bir düzenleme yapılmıştır. Yaya sirkülasyonunun fazla olduğu Alle yolu ile servis duraklarının bulunduğu alan arasına yerleştirilen dubalar sayesinde yaya yolu özerkleştirilerek daha güvenli bir alan elde edilmiştir. Alanın herkes için erişilebilir hale getirilmesi için düzenlemeler yapılmıştır. Engelli bireylerin sorunsuz bir şekilde ulaşabilecekleri rotalar farklı döşeme malzemeler kullanılarak yeniden düzenlenmiştir. Engelli bireylerin mekânsal deneyim konusunda yaşadıkları zorluklar düşünülerek bekleme alanları bu doğrultuda tasarlanmıştır. Çöplerin ayrılmadan tek noktada toplanması çeşitli sorunlara sebep olurken geri dönüşüme katkı sağlayacak şekilde yeni bir düzenleme yapılarak çöplerin ayrıştırılması sağlanmıştır. Kart dolum noktaları ve aydınlatma elemanlarının sayıları artırılarak alana yeniden yerleştirilmiştir.



Şekil 1: Kampüs otobüs ve minibüs durakları bölgesinin analizi

3.2 Kampüs sahil şeridi

Kampüs sahil şeridinde yer alan oturma birimlerinin bir kısmı ahşap çardaklardan oluşmaktadır. Bu alanların özellikle yaz aylarında kullanıcıları güneşten koruyarak dinlenme, toplanma imkanı sunması olumlu bulunmuştur. Sahil boyunca yer yer konumlanan demir ve ahşap malzemeden üretilmiş tek tip oturma birimlerinin ve bankaların ise yeterince konforlu olmadıkları gözlemlenmiştir. Sahilde yer alan aydınlatma elemanlarının sayıca yetersizliği özellikle gece kullanımında görsel konfor kullanımını olumsuz etkilemektedir. Yine çöp kutularının rastgele yerleştirilmiş olması ve yetersizliği söz konusudur. Sahil şeridinde taş malzeme ile oluşturulan anfi düzenindeki oturma alanı bölge iklimine uygun olmadığı için kullanışsızdır. Bu alanda da yine erişilebilirlik sorunu mevcuttur. Sahilde konumlanan tek katlı yapıların terasları yürüme bandında yer almalarına rağmen işlevsizdirler. Şekil 2’de tespit edilen bu sorunlara ilişkin Oktay Demir, Velat Avcı, Mehmet Tunç, Ezgi Yakut ve Esra Gökmen tarafından kampüs ve kullanıcılar için son derece önemli olan sahil şeridi için geliştirdikleri öneriler mevcuttur. İlk etapta yaya yolu olarak kullanılan alan farklı malzeme ve renkler kullanılarak bisiklet ve yaya yolu olarak yeniden düzenlenmiştir. Bu yol boyunca tasarlanan aydınlatma elemanları ve çöp kutuları belirli aralıklarla yerleştirilmiştir. Sahilde konumlanan anfinin yılın tüm aylarında

konforlu bir şekilde kullanılması için yeni bir malzeme ile düzenlenmesi ve kısmen açılır-kapanır bir örtü ile kapatılması düşünülmüştür.

ÇALIŞILAN ALAN: SAHİL ŞERİDİ



Şekil 2: Kampüs sahil şeridi bölgesinin analizi

3.3 Yemekhane ve yakın çevresi

Kullanıcılar yemekhane ve yakın çevresinde dakikalarca yemek kuyruğunda beklemektedir. Ama bu açık alanda koruyucu herhangi bir gölgelik veya üst örtü bulunmamaktadır. Van kentinin güneşli gün sayısı ve bol yağışlı geçen kış mevsimi düşünüldüğünde bu alanda bir örtünün varlığı konfor açısından önemlidir. Alanın önemli bir diğer sorunu ise oturma birimleri, aydınlatma elemanları, çöp kutuları vb. kentsel donatıların yetersizliğinden kaynaklı olarak alanın atıl durumda olmasıdır. Bu alanda zemin kaplamasından başlayarak, bilgilendirme panoları, rampalar, gölgelik, aydınlatma elemanları, çöp kutuları, oturma birimleri, yeşil alan vb. donatılar kullanılarak alanın yeniden tasarlanması gerektiği düşünülmektedir.

3.4 KYK yurtları yakın çevresi

Bu alan özellikle öğrencilerin vakitlerinin büyük kısmını geçirdikleri bir bölge olması sebebiyle önemlidir. Alandaki oturma birimleri, çevrede gölgelik bir alanın olmaması sebebiyle güneşin yoğun olduğu bir aks üzerinde konumlanmıştır. Ayrıca birimlerin sayıca azlığı, kullanıcı rahat ve konforu bakımından yetersizlikleri de tespit edilmiştir.

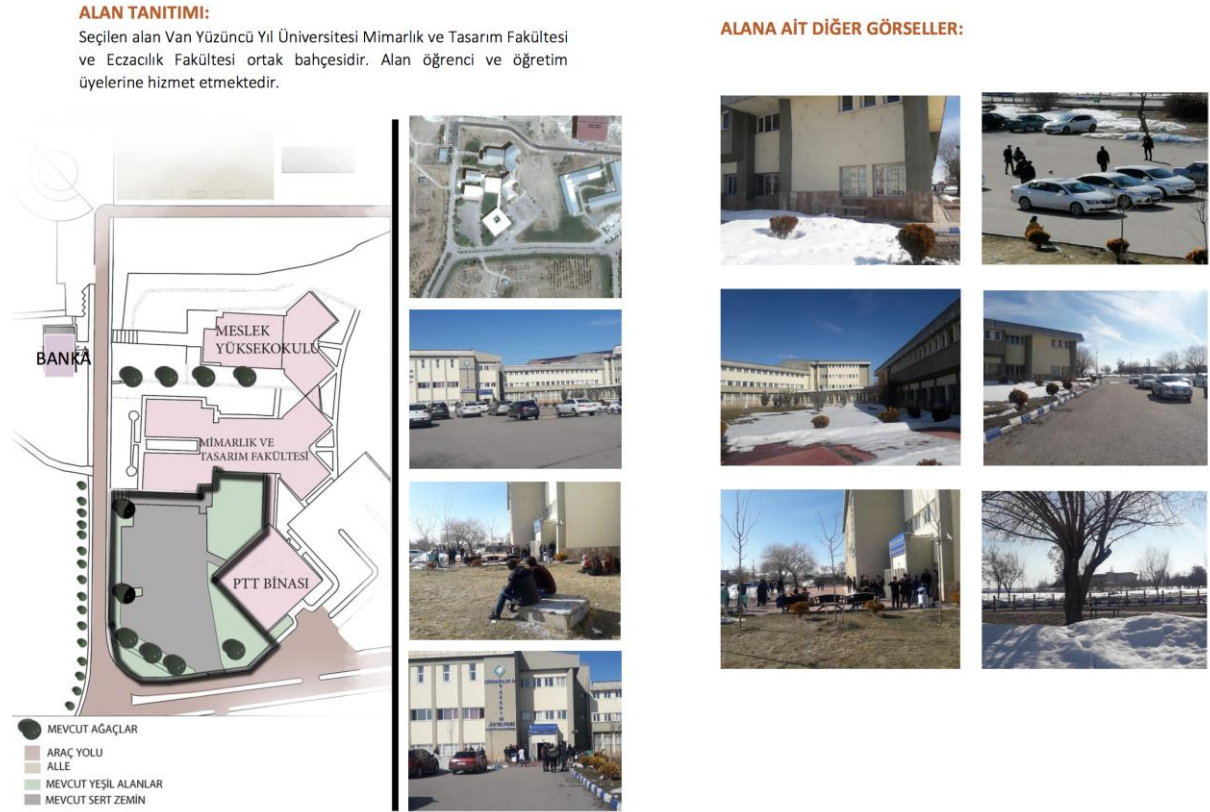
Mevcut bisiklet park alanlarının, aydınlatma elemanlarının ve çöp kutularının alanda yetersiz olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte eksik veya yanlış tasarlanmış rampalar, engelli bireyler için dokunsal öğelerin eksikliği alana erişilebilirliği kısıtlamaktadır.

Bu alanda çalışma yürüten Muhammed İnan, Esra Alagöz, Cemile Üstün, Selva Alkış, Melek Yıldız, Revşan Aras ve Eylem Acar kentsel donatıları farklı bir şekilde yorumlamaktadır. Kentsel donatıların sayıca fazlalığının ve çeşitliliğinin yerleştikleri alanlarda görüntü kirliliği yaratacağı endişesi duyulmaktadır. Bu sebeple alanı olabildiğince fazla nesneden arındırmak, donatıların birden fazla işleve sahip olacak şekilde tasarlanmasının daha ekonomik olacağı düşünülmektedir.

3.5 Mimarlık ve Tasarım Fakültesi ile Eczacılık Fakültesi bahçesi

Kentsel bir alana yerleştirilen donatıların tasarımında kullanıcı profili önemli bir veridir. Bu

alandaki ise kullanıcılara yönelik bir düzenlemenin olmadığı görülmektedir. Sözelimi alanın tamamı otopark olarak kullanılırken yaya ve araçların kullanım sınırları belli değildir. Ders aralarında açık alana çıkan öğrencilerin sirkülasyonu araçlar tarafından engellenmektedir (Şekil 3). Alanın tamamı sert zeminden oluşurken ihtiyaca yönelik kentsel donatı elemanı (aydınlatma elemanları, çöp kutuları, yeşil alan, zemin kaplamaları, bisiklet park alanı, bilgilendirme panoları vb.) çeşidi ve sayısı yetersizdir. Özellikle oturma birimlerinin ve olumsuz hava koşullarından koruyacak bir örtünün yokluğu kullanıcılar tarafından en fazla eleştirilen konulardan biridir. Alandaki bu sorunlar üzerinden bir öneri sunan grup üyeleri (Ömürye Yaman, Rumeysa Görentaş, Murat Gende, Abdullah Alhumsi ve İsmail Erpin) öncelikle araç ve yaya sirkülasyonunun birbirinden ayrılması gerektiğine karar vermiştir. Bu sebeple yaya yolları boyunca belirli aralıklarla aydınlatma ve peyzaj elemanları yerleştirilmiştir. Daha sonra alanı daha tanımlı hale getiren bir üst örtü tasarlanmıştır. Fakülte binasının önünde yer alan açık dinlenme alanının üst örtüsü olarak tasarlanmış gölgelik birimin hem koruyucu olma hem de ana aksı vurgulama amacı taşıdığı söylenebilir. Oturma birimleri de gölgelik alan olarak tasarlanan aks üzerinde konumlandırılmıştır. Kamusal bir alan olarak kullanılan ve insan sirkülasyonunun fazla olduğu kampüs açık alanlarında zemin kaplamaları önemli bir donatıdır. Kullanıcıların rahatlıkla ulaşım sağlayabilmesi kaplamaların takılıp düşmeyi önleyen, yağmurda kayganlık oluşturmayan, kolay yürüme olanağı sunan nitelikte olmalarına bağlıdır. Engelli kullanıcıların mekanlara kolay erişim sağlayabilmesi için duymasanabilir, yönlendirici yüzeyler oluşturulmuştur.



Şekil 3: Mimarlık ve Tasarım Fakültesi ile Eczacılık Fakültesi bahçesi alanının analizi

3.6 Kampüs alle yolu

Kampüs alanında yer alan Alle Yolu önemli kamusal mekanlardan biridir. Yol üzerinde yemekhane başta olmak üzere farklı birimler yer almaktadır. Bu alanda araştırma yapan Recep Kadir, Serhat Akbalık, Rukiye Tekiz, Taner Çetintaş, Servan Karakaya ve Husret Kumli alandaki en önemli sorunun Alle Yolu boyunca devam eden gölgelik olduğunu belirtmektedir. Yaz aylarında güneşten, kış ve bahar aylarında yağışlardan korumak amacıyla bırakılan üst örtünün görevini yerine getiremediği, bölgenin iklim koşullarına uygun olmayan bir tasarımın gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4). Bu üst

örtünün açılı ve yüksekliğinin değiştirilerek sorunun kısmen çözüleceği düşünülmektedir. Ayrıca bu alanda da kentsel donatıların (aydınlıkma elemanları, çöp kutuları, yeşil alan, zemin kaplamaları, bisiklet park alanı, bilgilendirme panoları vb.) yetersizliği dikkat çeken önemli hususlardan biridir. Alanın bir diğer önemli sorunu da köpek, kedi gibi hayvanların yemekhaneden dolayı bu alanda yoğunlaşmasıdır. Kampüs kullanıcıları bu hayvanları beslemek için yiyecekleri yemekhane önünde bulunan otoparka bırakmaktadır. Kampüs alanında hayvan barınağının eksikliği ve hayvanlar beslenirken ortaya çıkan çevre kirliliğinin ortadan kaldırılması için fikirler geliştirilmiştir. Hayvanların hem barınma hem de beslenme ihtiyaçlarını giderecek şekilde tasarlanacak kulübelerin alanda belirlenen noktalara yerleştirilerek sorunun giderileceği düşünülmektedir.

NEYDİ? NE OLABİLİR?

PROBLEM 1: MEMBRAN İŞLEVSİZLİĞİ

Alle yolu kenarlarında bulunan ve görevi yaz aylarında gölgelik alan oluşturmak kış ve bahar aylarında ise insanları kar ve yağmurdan korumak olan membranlar bu görevlerini yerine getirmemektedir. Bu sorunlar ele alınarak çözüm önerileri düşünülmüştür.

ÇÖZÜM ÖNERİSİ: Çözüm olarak alle yolunda bulunan membranların açılarının ve yüksekliklerinin değiştirilmesi önerilmektedir. Bu şekilde hem yağmur ve kar membran altına girmez hem de gölgelik alanlar oluşmuş olur.



KAMPÜS HAYVANLARINA MEKAN

AÇIKLAMA: Alle yolu üzerinde üniversite yemekhanesi bulunmaktadır. Kampüste ise birçok köpek barınmaktadır. Hayvansever bireyler köpekleri beslemek için yiyecekleri yemekhane önünde bulunan otoparkta kenarlara bırakıp beslenmelerini sağlamaktadır. Bu çevre kirliliği oluşturmaktadır ve köpeklerin yemekhane önünde açık alanda beslenmesi hoş karşılanmamaktadır. Bu duruma çözümler düşünüldü.

ÇÖZÜM ÖNERİSİ: Çözüm olarak hayvanlar için yeme, içme işlevi görüp yanında barınma işlevi de görebilecek kulübeler tasarlanacaktır. Bu kulübeler uygun alanlar belirlenerek bu alanlara yerleştirilecektir.

Şekil 4: Kampüs Alle yolu bölgesinin analizi

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nün kamusal açık alanları ve bu alanlarda yer alan kentsel donatıların irdelenmesi üzerine odaklanmıştır. Alan araştırması üzerinden açık alan ve kent donatılarının kullanıcıların (öğrencilerin) gözünden sorgulanması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda kampüs açık alanları ve bu alanlardaki donatıların sorunları tespit edilmiş ve yeni fikirler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü'nün kamusal açık alanları ve bu alanlarda yer alan kentsel donatılarının alan araştırması yöntemi ile yapılan incelemesinde altı farklı alanda ortak bulgular elde edilmiştir. İncelenen tüm açık alanlarda kentsel donatı elemanı olarak oturma birimleri, aydınlıkma elemanları, çöp kutuları, zemin kaplamaları, üst örtüler, yeşil alanlar, engelli bireylerin erişimi konularında sorunlar tespit edilmiştir. Tüm bu donatıların kampüs alanda yetersiz olduğu, mevcut donatıların ise büyük kısmının gerekli standartları sağlamadığı, mekânsal ve görsel konforun sağlanmadığı tespit edilmiştir. Bu sorun/sorunsallar üzerinden kampüs açık alanlarında yeni fikirler,

öneriler sunulmuştur. Kent ve kentsel donatı arasındaki ilişkiye değinen (Yücel, 2006) “şehir mekanları biçimleniş şekli ve sahip olduğu donatı elemanları ile mekan kullanıcılarının sosyo-kültürel ve estetik açıdan eğitici, işlevsellik açısından yönlendirici ve giderek şehir kültürünü olumlu yönde oluşturucu gibi bir dizi önemli görevi olduğu açıktır. Bu nedenle şehirselleşmenin önemli bir parçası olan kentsel donatı elemanlarının tasarımı, üretimi ve mekan içindeki konumunun planlama-tasarım sürecinden soyutlamayacağı gerçeğinin göz ardı edilmemesi gerekir”. Bu doğrultuda kentsel donatıların nitelikli, konforlu ve estetik gereksinimleri karşılayacak nitelikte tasarlanmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

4. Sonuç

Tasarım alanındaki disiplinlerde meslek alanına ilişkin deneyim ve etkileşim imkanları sunan derslerde çevre, erişilebilirlik, katılımcı tasarım, evrensel tasarım vb. temalar hem dersi yürüten kişiler hem de öğrenciler için birlikte öğrenme ve geliştirme fırsatı sunmaktadır. Bu kapsamda kullanıcıların (öğrencilerin) gündelik yaşamda vakitlerinin büyük bir kısmını geçirdikleri mekanların farkında olmalarının, iletişim, etkileşim kurmalarının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu ders kapsamında öğrencilerin yaşadıkları kentsel mekanların farkına vardıkları, duyarlılıklarının arttığı ve bu alanlarda gözlemledikleri sorunlara yönelik çözüm arayışına giriştikleri tespit edilmiştir. Kullanıcıların (öğrencilerin) yaşam alanlarına farklı bir pencereden bakarak diğer kullanıcılarla etkileşim ve kesişim alanlarını çoğaltmaları meslek alanı teorik bilgilerinin pratiğe aktarılmasına da imkan tanımaktadır. Ayrıca öğrencilerden gelen geri bildirimler, grup halindeki çalışmalarının ve yaşam alanlarına ilişkin fikir geliştirmelerinin moral ve motivasyonlarını geliştirdiği yönündedir.

Üniversite kampüsleri, kamusal bir mekan olarak hem öğrencilerin hem de kentte yaşayan insanların iletişim ve etkileşiminin en yoğun yaşandığı alanlardan biridir. İnsanları bir araya getirerek bütünleştirici bir etki yaratmaktadır. Kampüs açık alanlarında sosyalleşme (toplanma, buluşma, dinlenme vb.) imkanı sunan donatı elemanlarının tasarımsal özellikleri (işlevsellik, kullanılabilirlik, estetik olma, ergonomi vb.) kullanıcı ve açık alan-donatı etkileşiminde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple kampüs açık alanlarının ve bu alanlarda konumlandırılacak donatıların kullanıcıların kaliteli zaman geçirebilecekleri, kendilerini konforlu hissedebilecekleri ve talep/ihtiyaçları doğrultusunda biçimlendirebilecekleri nitelikte olmaları son derece önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü açık alanlarında ve bu alanlarda yer alan donatı elemanları üzerine yapılan alan araştırmasında donatı elemanlarının kentsel alanlara etkisi irdelenmiştir. Çalışma sonucunda kampüs içinde belirlenen açık alanlarda kullanıcı-çevre etkileşiminin sorunlu olduğu, bunun da önemli sebeplerinden birinin yetersiz donatı elemanları olduğu tespit edilmiştir. Alan araştırmasında elde edilen veriler ışığında hem belirlenen açık alanlarda hem de bu alanlara yerleştirilecek donatı elemanlarında yeni bir düzenlemenin yapılması gerektiği sonucuna varılmış bu doğrultuda her bir bölge için Şekil 1-2-3 ve 4’te belirtilen yeni bir öneride bulunulmuştur.

Van kentinin önemli bileşenlerinden biri olan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü, kent merkezinin dışında yer almasına rağmen özellikle son yıllarda kentin hızlı büyümesine paralel olarak kampüs kentle bütünleşerek bir kamusal alana dönüşme eğilimindedir. Bu sebeple kampüsün hem kentte yaşayanlar hem de kampüsü bizzat deneyimleyen öğrenciler için verimli, nitelikli ve konforlu açık kentsel alanlar ve donatılar barındırması beklenmektedir. Bu anlamda ders kapsamında öğrencilerin tespit ettiği sorunlar ve sorunların çözümüne ilişkin geliştirilen fikirlerin/düzenlemelerin önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Arendt, H. (1994), *İnsanlık Durumu*. B. S. Şenel (Çev.). İstanbul, Türkiye: İletişim Yayınları.
Bakan, K. & Konuk, G. (1987). Türkiye’de kentsel dış mekânların düzenlenmesi. *TÜBİTAK, Yapı Araştırma Enstitüsü Uygulama Kılavuzu*, Ankara: TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü.
Bayrakçı, O. (1991). *Kent mobilyaları tasarımında kimlik sorunu ve kent kimliği içindeki yeri*. Kamu Mekanları Tasarımı ve Kent Mobilyaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
Cengiz, B., Karaelmas, D. (2019, Ağustos). *Kamusal mekan tasarımında kentsel donatı elemanlarının kullanım özellikleri: Devrek (Zonguldak) Örneği*. International Black Sea Coastline Countries

Symposium, Samsun.

- Güremen, L. (2010). Kent kimliği ve estetiği yönüyle kentsel donatı elemanlarının Amasya kenti özelinde araştırılması. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 3C0073, 6, (2):254-291.
- Habermas, J. (2004). Kamusal Alan. M. Özbek (Der. ve Çev.), *Kamusal Alan* (s. 95). İstanbul, Türkiye: Hil Yayın.
- Hasol, D. (2008). Kentsel mekân ve kentlilik bilinci. <http://www.doganhasol.net/kentsel-mekan-ve-kentlilik-bilinci-2.html>. Erişim tarihi: 27.05.2019.
- İnceoğlu, M. & Aytuğ, A. (2009). Kentsel mekânda kalite kavramı. *Megaron*, 4(3):131-146.
- Kurdoğlu, B. Ç. & Çelik, K. T. (2016). Yerleşke donatı bilgi sistemi (YEDBIS) oluşturulması üzerine bir çalışma. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17, 11-20. doi: 10.17474/acuofd.92884
- Akpınar Külekçi, E. (2018). Kent donatı elemanlarında özgün tasarımların peyzaj ergonomisi yaklaşımıyla irdelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(2):89-109. doi: 10.30785/mbud.419786
- Seçal Sarıgül, S. & Canbay Türkyılmaz, Ç. (2019). Kentsel alanlarda ergonomi ölçütleri: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Kampüsü örneği. *Ergonomi*, 2(2), 101-117. doi: 10.33439/ergonomi.481161
- Soydan, O. & Benliay, A. (2016). Donatı elemanlarının fonksiyonel ve tasarım özelliklerinin değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(14), 1-18. doi: 10.16950/iüst.38493.
- Yücel, G. F. (2006). Kamusal açık alanlarda donatı elemanlarının kullanımı. *Ege Mimarlık*. 2006/4-59.



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

DFT Investigations on Structural, Electronic and Vibrational Properties of LuN under High Pressure

Nazlı BOZ YURDAŞAN^{*1}, Sinem ERDEN GÜLEBAĞLAN², Gönül BİLGEÇ AKYÜZ³, Aylin YILDIZ TUNALI¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 35160, İzmir, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 65080, Van, Türkiye

³ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Aydın, Türkiye

Nazlı BOZ YURDAŞAN, ORCID No:0000-0002-8240-8071, Sinem ERDEN GÜLEBAĞLAN, ORCID No:0000-0001-9446-2211, Gönül BİLGEÇ AKYÜZ, ORCID No:0000-0001-9288-8876, Aylin YILDIZ TUNALI, ORCID No:0000-0001-8121-5756

*Sorumlu yazar e-posta: nazli.boz@deu.edu.tr

Article Info

Received: 01.03.2021

Accepted: 23.04.2021

Published Nisan 2021

Keywords

Density Functional Theory,
Methods of Electronic
Structure Calculations,
Phonon States and Bands

Abstract: In this study, the structural, electronic and lattice dynamics properties of cubic lutetium nitride (LuN) compound in the rocksalt structure have been investigated based on the Density Functional Theory with the Generalized Gradient Approximation. The structural properties, such as lattice constants, bulk modulus and bulk modulus derivative are in good agreement with literature. The phonon dispersion curves along high symmetry directions under various pressures were performed according to the Linear Response Approach of Density Functional Theory. Obtained positive phonon dispersion curves suggest that all studied materials are stable. Moreover, the optical phonon band gap was found to be enhanced with increasing pressure. Accordingly, LuN is predicted to be a promising material for optoelectronic applications. This research is expected to shed light on many future works.

LuN'nin Yüksek Basınç Altında Yapısal, Elektronik ve Titreşimsel Özelliklerinin DFT ile İncelenmesi

Makale Bilgileri

Geliş: 01.03.2021

Kabul: 23.04.2021

Yayınlanma April 2021

Anahtar Kelimeler

Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi,
Elektronik Yapı Hesaplama
Yöntemleri,
Fonon Dağılımları ve
Bantları

Öz: Bu çalışmada, kaya tuzu yapısındaki kübik Lütetsyum Nitrit (LuN) bileşiğinin yapısal, elektronik ve örgü dinamiği özellikleri, Genelleştirilmiş Gradyan Yaklaşımı ile Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisine dayalı olarak incelenmiştir. Örgü sabitleri, yığın modülü ve yığın modülü türevi gibi yapısal özellikler literatürle iyi bir uyum içindedir. Yüksek simetri doğrultuları boyunca, farklı basınçlar altındaki fonon dağılım eğrileri Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi'nin Doğrusal Tepki Yaklaşımı'na uygun olarak elde edilmiştir. Elde edilen pozitif fonon dağılım eğrileri, incelenen tüm materyallerin kararlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, optik fonon bant aralığının artan basınçla arttığı bulundu. Buna göre, LuN'nin optoelektronik uygulamalar için gelecek vaat eden bir malzeme olması öngörülmektedir. Bu araştırmanın gelecekteki birçok çalışmaya ışık tutması bekleniyor.

1. Introduction

The rare-earth (RE) mononitrides have interesting electronic and magnetic properties and have so much importance in the condensed matter physics (Duan et al., 2007; Pagare et al., 2005). These materials show different characters from metallic to semimetallic or semiconducting, and there have been a lot of theoretical and experimental studies of binary rare earth semiconducting compounds (Re=La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Lu, ...; ReN) (Granville, et al., 2006; Lambrecht, 2000; Kocak et al., 2010; Ciftci et al., 2012). The reason of this importance is due to their unfilled and highly delocalized 4f subshells. (Jakobsen et al., 2002; Rukmangad, et al., 2009). These materials have FCC-NaCl structure with space group Fm-3m (225) and each RE and N atoms are coordinated by six-N and six-RE atoms, respectively. These compounds have strong affinity because of large difference in electronegativity between N and RE. It is reported that 4f electrons of lanthanide atoms in mononitrides undergo delocalization at high pressures as these electrons are localized at ambient pressures (Natali, et al., 2013). For example, it has been declared that LaN and PrN undergo a transition from B1 to a tetragonal phase (B10) at ~23 GPa and ~40 GPa, respectively (Mukherjee, et al., 2013; Schneider, et al., 2012; Cynn et al., 2010). It is considered that these phase transitions are related to 4f electrons of lanthanide atoms (Sahoo et al., 2016). Nevertheless, the transport properties of these mononitrides are not understood, exactly. The electronic structure of RE nitrides in the NaCl phase structure (Larson, et al., 2007) and mechanical properties of the lanthanide nitrides in the rock salt structure (Yang, et al., 2010) are investigated theoretically by using density functional theory (DFT).

Lu is a RE metal used as an element for engineering electronic devices, for instance in the treatment of cancer in medicine, LED, bulbs. In some early studies, the crystal structure of RE pnictides have been predicted in detail (Escudero et al., 2017) and observed under a high pressure X-ray diffraction technique (Errandonea et al., 2000; Hayashi et al., 2000; Shirotani et al., 2003). Lutetium mononitride (LuN) is the last and heaviest member of lanthanide series and have completely filled 4f subshells. Therefore, it is one of the most important compound of the lanthanide series and has attracted the attention of many researchers due to its unusual properties. LuN crystallize in NaCl (B1) structure as other lanthanide series and have interesting properties and important applications, so there are a lot of investigations (Hayashi et al., 2000; Larson & Lambrecht, 2007; Yang et al., 2010; Painter et al., 2008; Yang et al., 2013). Especially, high-pressure investigations of Lutetium-pnictides (Lu-X; X=N, As, P, Bi, S) are important because of the little information about them. Furthermore these compounds are least studied among the rare earth pnictides.

By using first principles, Yanget al. (Yang et al., 2010) investigated hardness and elastic properties of lanthanide nitrides as well as the structural stability of LuN. LuN has first-order phase transition from NaCl-type structure (B1) to CsCl-type structure (B2) structure at 220 GPa pressure (Yang et al., 2013; Singh et al., 2015). Yadav et al. obtained that the electronic, mechanical and thermal properties by using the modified dielectric theory of solids. The values of energy gaps such as homopolar gaps (E_h), heteropolar gaps (E_c) and average energy gaps (E_g in eV) were evaluated with face-centered cubic (FCC) NaCl-type structure. (Yadav et al., 2016). The electronic and structural properties of LuN are investigated with a standard parameterization of the local density approximation (LDA) within DFT (Winiarski et al., 2019).

Oualdine et al. also studied LuN rare-earth nitride in rock salt structure to analyze the electronic, structural and elastic properties by using DFT full-potential linear muffin-tin orbital (FP-LMTO) (Oualdine et al., 2018). They show that band structure of LuN have semiconductor behaviour. The main purpose of this study is to reveal these unusual properties and investigate the effect of high pressures on the electronic properties of LuN. In the literature, there are also theoretical investigations based on Density Functional Theory (DFT) that have verified experimental results successfully.

2. Materials and Methods

The structural, electronic and dynamic properties of the LuN crystal in the ground state was performed with the Quantum-Espresso package (Giannozzi et al., 2009) based on DFT within the Generalized Gradient Approximation (GGA) (Perdew & Zunger, 1981). Perdew Burke Ernzerhof (PBE) parameterization scheme was used for exchange-correlation effects. LuN crystallizes in the B1 phase with space group Fm-3m. The calculations were generated for k-point meshes of 12x12x12 using the Monkhorst-Pack special k-points approach (Monkhorst & Pack, 1976) in the Brillouin zone. Both the plane wave cut-off energy, set at 150 Ry in all our calculations, and k-points gride size were optimized to determine total energy convergence. The total energy of the system was converged up to 10^{-8} Ry applying the self-consistent calculation. This convergence was considered as a sign of high accuracy calculations. The bulk modulus and its pressure derivative were obtained with Vinet equation of state (Vinet et al., 1986) using energy volume variation. Additionally, the phonon dispersion curve was taken into account with Fourier transform using dynamical matrices. The phonon dispersions were performed along symmetry directions at ambient and as well as at high pressures.

3. Results

3.1. Structural properties

Firstly, in order to investigate the ground state properties of LuN in NaCl crystal structure, we performed the structural optimization under the minimum condition of the total energy. Obtained ground state lattice parameter (a), bulk modulus (B_0), its pressure derivative (B_0') are tabulated and compared with experimental as well as other reported values in literature in Table 1. As shown, the results are in good agreement with experimental findings and verify the given theoretical works in literature.

Table 1. Lattice constant (a), bulk modulus (B_0) and its pressure derivative (B_0') for LuN.

	a (Å)	B_0 (GPa)	B_0'
This Work	4.84	162	4.23
Theory	4.87	183	3.81
	(Larson & Lambrecht, 2007)	(Yang et al., 2010)	(Gupta & Bhat, 2013)
	4.83	170	4.12
	(Yang et al., 2010)	(Larson & Lambrecht, 2007; Chouhan et al., 2011)	(Chouhan et al., 2011)
	4.77	164	
	(Gupta & Bhat, 2013)	(Gupta & Bhat, 2013)	
	4.76		
	(Painter et al., 2008)		
Exp.	4.76		
	(Duan et al., 2007)		
	4.74		
	(Niwa et al., 2009)		

3.2. Electronic properties

The electronic structure of NaCl crystal structure with the equilibrium lattice parameter computed using GGA approach is presented in Figure 1. The Fermi energy (13.73 eV) was subtracted from all band energies and set at 0 eV. Rocksalt-LuN has $\Gamma \rightarrow X$ indirect gap of -0.162 eV and $X \rightarrow X$ direct band gap of 0.609 eV. This indicates that RS-LuN crystal is a semi-metal material. Our results are in good agreement with the data reported by Singh and Verma obtained via GGA calculation method (Singh and Verma, 2015). On the other hand the obtained band gap values are smaller than the experimental results (Larson & Lambrecht, 2007). Since GGA approach usually underestimates the band gap of semiconductors, these results are as expected.

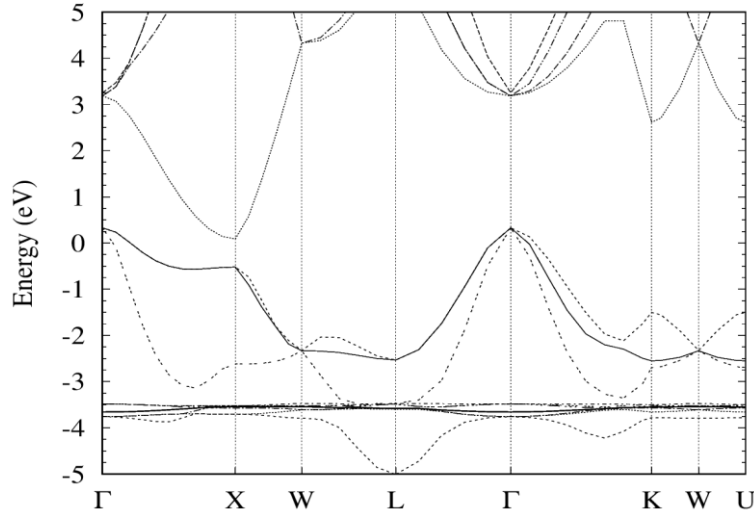


Figure 1. Energy band diagram of LuN crystal.

We also reported the effect of pressure on the band gap energy of LuN. The energy band gaps of LuN at different pressures are given in Table 2. The electronic band structures obtained for all pressures were similar with small changes. Therefore, only the band structure at zero pressure is presented. The variation of electronic band gap depending on the pressure is given in Figure 2. The direct band gap E^{X-X} as well as the indirect one $E^{\Gamma-X}$ are found to increase linearly with pressure. The band gap pressure coefficients are found as $\alpha = 22.76 \text{ meV/GPa}$ and $\beta = 21.26 \text{ meV/GPa}$ for indirect and direct band gap, respectively. To our knowledge there are not any experimental or calculated data for comparison of our results. It can easily be identified that the conduction band becomes closer to valence band with increasing pressure, thus the band gap narrows. Moreover, according to the band structure calculations, energy band gap disappears at around 10 GPa pressure values. It shows that LuN becomes semi-metallic at about 10 GPa.

Table 2. The energy band gaps of LuN at different pressures.

Pressure (GPa)	E_{gap} (eV)	
	$\Gamma \rightarrow X$	$X \rightarrow X$
-10	-0.0069	0.8288
-5	-0.1188	0.7166
0	-0.1621	0.6089
5	-0.0351	0.5045
7	-0.3948	0.4634
9	-0.4382	0.4228

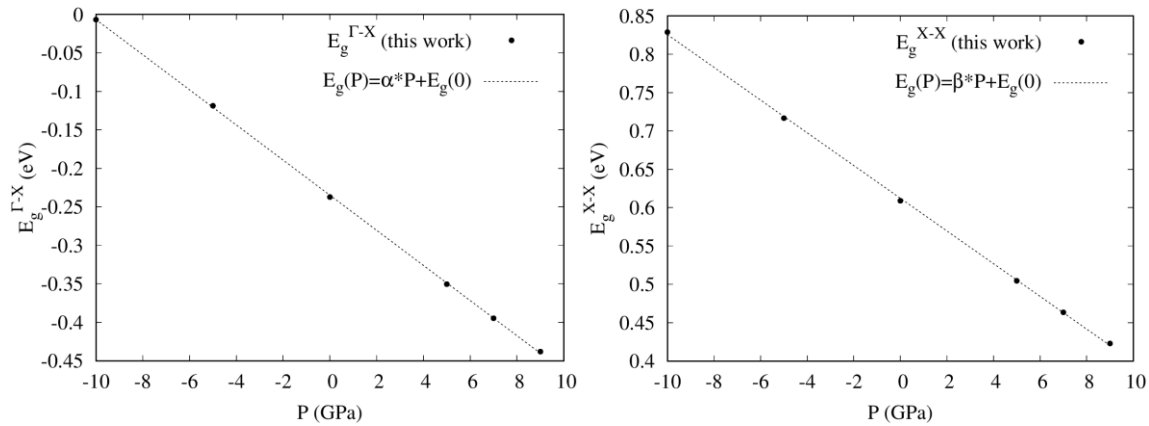


Figure 2. Pressure dependence of energy band gap of LuN. The dotted line gives the linear fit and the dots represent the calculated values.

3.3. Lattice dynamics properties

The phonon dispersion curve along the Brillouin zone and the phonon density of states of LuN are shown in Figure 3. The present compound contains two atoms in unit cell of NaCl type structure. Each atom has three degrees of freedom, thus this compound has six phonon branches, including three acoustic branches and three optical branches. The transverse acoustic (TA) and transverse optical (TO) phonon frequencies along the Γ - X and Γ - L high symmetries are double degenerated. Our results show that the degeneracy is partially resolved through the high-symmetry directions in crystal so that the phonon dispersion curves separates into transverse (TA and TO) and longitudinal (LA and LO) modes. The LO phonon branch at the Gamma point was obtained as 15.74THz. We also noticed an increase of that value in response to increasing pressure.

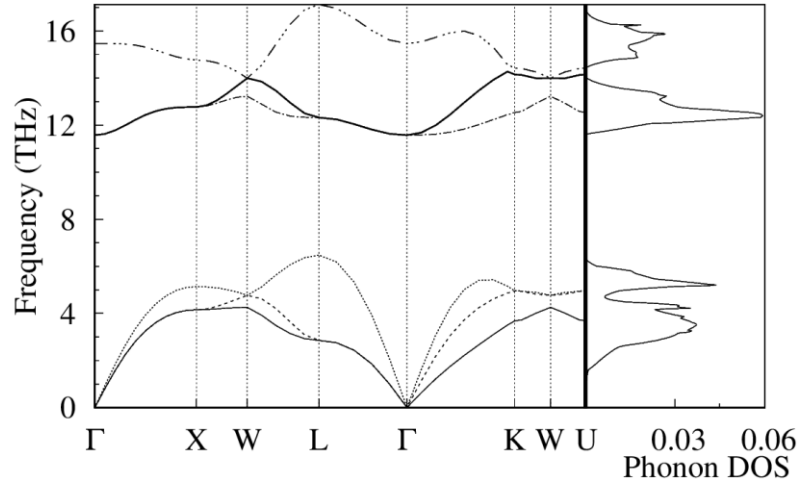


Figure 3. Calculated phonon dispersion curve and density of states (DOS) of LuN in rocksalt structure.

As shown in Figure 3, there is a wide gap (4.89THz) between the acoustic and optical modes owing to the high mass ratio of $m_{Lu}/m_N = 12.49$. The positive phonon frequencies of LuN in NaCl crystal structure have been found throughout the Brillouin zone, that clearly shows the dynamical stability of this compound.

In Table 3, we report the frequencies of TA, TO, LA and LO for Γ , X and L high symmetry points for LuN at zero and as well as various pressures. The acoustic phonons are compatible with the results reported by Mir et.al. (Mir et.al., 2016), while noticeable high optical phonons are obtained in this study. To best of our knowledge, there are no experimental data to compare our results. Since there are not enough theoretical studies especially on LuN's phonons under pressure, more comprehensive experimental and theoretical studies are needed.

Table 3: Transverse, longitudinal acoustic and optical frequencies at the high symmetry points (THz) under different pressures.

Pressure(GPa)	Γ				X				X			
	TO	LO	TA	LA	TO	LO	TA	LA	TO	LO	TA	LA
0	11.99	15.74	0.0	0.0	13.16	15.11	4.26	5.34	12.71	17.48	2.97	6.59
50	17.06	19.07	0.0	0.0	17.81	19.22	5.40	7.20	17.36	21.79	4.50	8.06
100	20.24	21.29	0.0	0.0	20.84	21.94	6.03	8.15	20.38	26.71	5.34	9.32
250	25.90	25.96	0.0	0.0	26.20	27.07	7.08	9.65	25.96	29.74	7.07	11.57
500	30.88	31.39	0.0	0.0	30.91	31.75	8.06	10.91	31.00	34.69	8.78	14.57

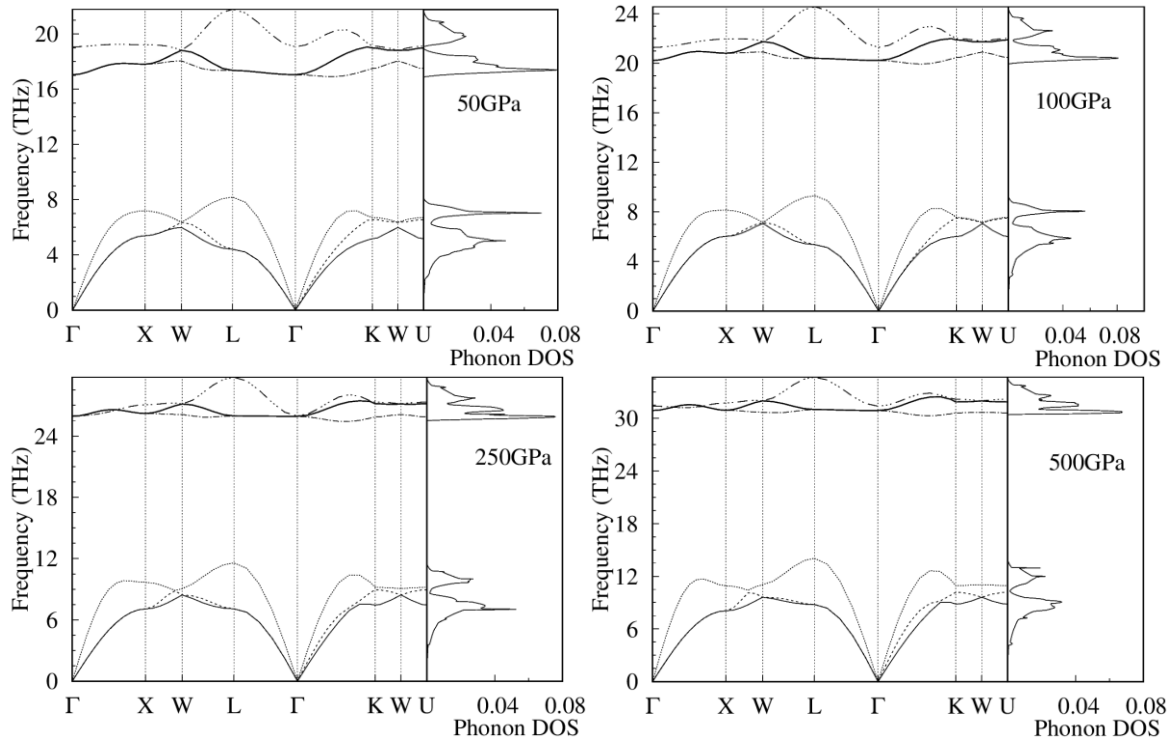


Figure 4. Calculated phonon dispersion curves and density of states of LuN in NaCl type structure under different pressures.

In Figure 4, phonon dispersion curves along several high symmetry directions and phonon density of states are illustrated for different pressure values. The frequencies in Brillouin Zone at high pressure values as well as at zero pressure value are positive. This results show that this crystal structure is dynamically stable. Moreover, the gap between the acoustic and optical branches increases with increasing pressure values.

4. Discussion and Conclusion

We reported the structural, electronic and dynamical properties of rocksalt LuN at ambient and high pressure using DFT within GGA. Band structure calculations under various pressures with optimized structural parameters indicate that energy band gap becomes narrower with increasing pressure. According to our results LuN compound in rocksalt structure becomes a metal at a pressure of around 10 GP. The phonon dispersion calculations of LuN performed up to a maximum pressure of 500 GPa show that this crystal structure is dynamically stable because of the positive values of frequencies throughout the Brillouin zone.

References

- Chouhan, S.S., Pagare, G.,Soni, P., & Sanyal, S.P. (2011). High pressure phase transition and elastic properties of lutetium mononictides. *AIP Conference Proceedings*, 93, 1349. doi:10.1063/1.3605755
- Ciftci, Y.O., Ozayman, M., Surucu, G., Colakoglu, K., & Deligoz, E. (2012). Structural, electronic, elastic, thermodynamic and vibration properties of TbN compound from first principles calculations. *Solid State Sciences*, 14, 401-408. doi:10.1016/j.solidstatesciences.2012.01.007
- Cynn, H., Lipp, M., Evans, W. & Ohishi Y. (2010). High pressure crystal structure of PrN. *Journal of Physics: Conference Series*, 215, 012010. doi:10.1088/1742-6596/215/1/012010
- Duan, C.G., Sabirianov, R.F., Mei, W.N., Dowben, P.A., Jaswal, S.S., & Tsymbal, E.Y. (2007). Electronic, magnetic and transport properties of rare-earth mononictides. *Journal of Physics: Condensed Matter*,19, 315220. doi:10.1088/0953-8984/19/31/315220

- Errandonea, D., Boehler, R., & Ross, M. (2000). Melting of the rare earth metals and f-electron delocalization. *Physical Review Letters*, 85, 3444-3447. doi:10.1103/PhysRevLett.85.3444
- Escudero, A., Becerro, A. I., Carrillo-Carrión, C., Núñez, N. O., Zyuzin, M. V., Laguna, M., González-Mancebo, D., Ocaña, M., & Parak, W. J. (2017). Rare earth based nanostructured materials: synthesis, functionalization, properties and bioimaging and biosensing applications. *Nanophotonics*, 6, 881-921. doi:10.1515/nanoph-2017-0007
- Giannozzi, P., Baroni, S., Bonini, N., Calandra, M., Car, R., Cavazzoni, C., Ceresoli, D., Chiarotti, G.L., Cococcioni, M., Dabo, I., Corso, A.D., de Gironcoli, S., Fabris, S., Fratesi, G., Gebauer, R., Gerstmann, U., Gougoussis, C., Kokalj, A., Lazzeri, M., Samos, L.M., Marzari, N., Mauri, F., Mazzarello, R., Paolini, S., Pasquarello, A., Paulatto, L., Sbraccia, C., Scandolo, S., Sclauzero, G., Seitsonen, A.P., Smogunov, A., Umari, P., & Wentzcovitch, R.M. (2009). Quantum Espresso: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 21, 395502. doi:10.1088/0953-8984/21/39/395502
- Granville, S., Ruck, B.J., Budde, F., Koo, A., Pringle, D., Kuchler, F., Bittar, A., Williams, G.V.M. & Trodahl, H.J. (2006). Semiconducting ground state of GdN thin films. *Physical Review B*, 73, 235335. doi: 10.1103/PhysRevB.73.235335
- Gupta, D. C., & Bhat, I. H. (2013). Electronic, ductile, phase transition and mechanical properties of Lu-monopnictides under high pressures. *Journal of Molecular Modeling*, 19, 5343-5354. doi:10.1007/s00894-013-2021-7
- Hayashi, J., Shirotani, I., Tanaka, Y., Adachi, T. Shimomura, O., & Kikegawa, T. (2000). Phase transitions of LnSb (Ln=lanthanide) with NaCl-type structure at high pressures. *Solid State Communications*, 114, 561-565. doi:10.1016/S0038-1098(00)00113-7
- Jakobsen, J.M., Madsen, G.K.H., Jorgensen, J.-E., Staun Olsen, J., & Gerward, L. (2002). High pressure behaviour of TbN: an X-ray diffraction and computational study. *Solid State Communications*, 121, 447-452. doi:10.1016/S0038-1098(01)00506-3
- Kocak, B., Ciftci, Y.O., Colakoglu, K., & Deligoz, E. (2010). Structural, elastic, electronic, and thermodynamic properties of PrN from first principles calculations. *Physica B*, 405, 4139-4144. doi:10.1016/j.physb.2010.07.002
- Lambrecht, W.R.L. (2000). Electronic structure and optical spectra of the semimetal ScAs and of the indirect-band-gap semiconductors ScN and GdN. *Physical Review B*, 62, 13538. doi:10.1103/PhysRevB.62.13538
- Larson, P., & Lambrecht, W.R.L. (2007). Electronic structure of rare-earth nitrides using the LSDA+U approach: Importance of allowing 4f orbitals to break the cubic crystal symmetry. *Physical Review B*, 75, 045114. doi:10.1103/PhysRevB.75.045114
- Mir, S.H., Jha, P.C., Islam, M.S., Banerjee, A., Luo, W., Dabhi, S.D., Jha, P.K., & Ahuja, R. (2016). Static and dynamical properties of heavy actinide monopnictides of lutetium. *Scientific Reports*, 6, 29309. doi: 10.1038/srep29309
- Monkhorst, H.J., & Pack, J.D. (1976). Special points for Brillouin-zone integrations. *Physical Review B*, 13, 5188. doi:10.1103/PhysRevB.13.5188
- Mukherjee, D., Sahoo, B.D., Joshi, K.D., & Gupta, S.C. (2013). Stabilization of tetragonal phase in LaN under high pressure via Peierls distortion. *High Pressure Research*, 33, 563-571. doi:10.1080/08957959.2013.809716
- Natali, F., Ruck, B.J., Plank, N.O.V., Trodahl, H.J., Granville, S., Meyer, C., & Lambrecht, W.R.L. (2013). Rare-earth mononitrides. *Progress in Materials Science*, 58, 13116-1360. doi:10.1016/j.pmatsci.2013.06.002
- Niwa, K., Hasegawa, M., & Yagi, T. (2009). Synthesis of Ln nitrides (Ln = Ce, Pr, Gd, Lu) in high pressure and temperature. *Journal of Alloys and Compounds*, 477, 493-497. doi:10.1016/j.jallcom.2008.10.064
- Oualdine, A., Bentouaf, A., Chebli, A., Nouamane, B., Bouyakoub, A.Z., & Aissa B. (2018). Structural, elastic, and electronic properties of CeN and LuN using: Ab Initio study. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 31, 3323-3330. doi:10.1007/s10948-018-4604-0
- Pagare, G., Sanyal, P.S., & Jha, P.K. (2005). High-pressure behaviour of lanthanum monopnictide. *Journal of Alloys and Compounds*, 398, 16-20. doi:10.1016/j.jallcom.2005.02.044

- Painter, G.S., Averill, F.W., Becher, P.F., Shibata, N., Benthem, K.V., & Pennycook, S.J. (2008). First-principles study of rare earth adsorption at β -Si₃N₄ interfaces. *Physical Review B*, 78, 214-206. doi:10.1103/PhysRevB.78.214206
- Perdew, J.P., & Zunger, A. (1981). Self-interaction correction to density-functional approximations for many-electron systems. *Physical Review B*, 23, 5048-5079. doi:10.1103/PhysRevB.23.5048
- Rukmangad, A., Aynyas, M., & Sanyal, S.P. (2009). Structural and elastic properties of rare-earth nitrides at high pressure. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 47, 114–118. doi:10.1007/s12648-010-0113-0
- Sahoo, D., Mukherjee, D., Joshi, K. D., Kaushik, T. C., & Gupta S. C. (2016). Prediction of B1 to B10 phase transition in LuN under pressure: An ab-initio investigation. *American Institute of Physics Conference Proceedings*, 1731, 030018. doi:10.1063/1.4947623
- Schneider, S.B., Baumann, D., Salamat, A., & Schnick, W. (2012). Reversible high-pressure phase transition in LaN. *Journal of Applied Physics*, 111, 0935031. doi:10.1063/1.4709392
- Shirovani, I., Yamanashi, K., Hayashi, J., Ishimatsu, N., Shimomura, O., & Kikegawa, T. (2003). Pressure-induced phase transitions of lanthanide monoarsenides LaAs and LuAs with a NaCl-type structure. *Solid State Communication*, 127, 573-576. doi:10.1016/S0038-1098(03)00491-5
- Singh S. K., & Verma U. P. (2015). Investigation of high pressure phase transition and electronic properties of Lutetium Nitride. *Journal of Physics: Conference Series*, 640, 012029. doi:10.1088/1742-6596/640/1/012029
- Vinet, P., Ferrante, J., Smith, J.R., & Rose, J.H. (1986). A universal equation of state for solids. *Journal of Physics C*, 19, L467-L473. doi: 0022-3719/86/200467
- Winiarski M.J., & Kowalska D. (2019). Electronic structure of REN (RE = Sc, Y, La, and Lu) semiconductors by MBJLDA calculations. *Materials Research Express*, 6, 095910. doi:10.1088/2053-1591/ab31c2
- Yadav, D.S., & Singh, D.V. (2016). Electronic, mechanical and thermal properties of binary rare-earth semiconducting materials. *Journal of Pure Applied and Industrial Physics*, 6(12), 221-227. doi:10.1016/j.jallcom.2012.05.016
- Yang, J., Gao, F., Wang, H., Gou, H., Hao, X. & Li, Z. (2010). Elastic properties and hardness calculations of lanthanide nitrides in rocksalt structure. *Materials Chemistry and Physics*, 119, 499-504. doi:10.1016/j.matchemphys.2009.10.004
- Yang, X.C., Zhang, E.J., Ma, H.Y., & Xiao, J. P. (2013). First-Principles investigations of structural stability of LuN. *Advanced Materials Research*, 690, 559-563. doi:10.4028/www.science.net/AMR.690-693.529



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Tegenaria hasperi* Chyzer, 1897 ve *Tegenaria argaieca* Nosek, 1905, (Araneae: Agelenidae) Türlerinin Sitogenetik Özelliklerinin Araştırılması

Şeyma CİVAN*¹, Zübeyde KUMBIÇAK²

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

Şeyma CİVAN, ORCID No: 0000 0002 3956 3826, Zübeyde KUMBIÇAK, ORCID No: 0000 0001 5949 1092

*Sorumlu yazar e posta: civanseyma34@gmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 25.11.2020
Kabul: 04.05.2021
Yayınlanma Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Agelenidae,
Kromozom,
Mayoz,
Tegenaria

Öz: Bu çalışmada, Agelenidae familyasına ait *Tegenaria hasperi* ve *Tegenaria argaieca* türleri sitogenetik olarak ilk defa araştırılmıştır. Türlerin kromozom morfolojisiyle beraber kromozomların mayoz bölünme esnasındaki davranışları incelenmiştir. Kromozom preparatları klasik yayma metodu yapılarak hazırlanmış ve türlere ait karyotipler Adobe Photoshop CS3 programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda her iki türde de kromozom morfolojisi telosentrik tipte bulunmuştur. Kromozomların relatif uzunlukları ise kademeli olarak azalış göstermektedir. Diploid kromozom sayısı ve eşey kromozomu sistemleri *T. hasperi*'de $2n♂=43$, $X_1X_2X_30$ ve *T. argaieca*'da $2n♂=42$, X_1X_20 şeklinde tespit edilmiştir.

Investigation of The Cytogenetic Properties of *Tegenaria hasperi* Chyzer, 1897 and *Tegenaria argaieca* Nosek, 1905, (Araneae: Agelenidae)

Article Info

Received: 25.11.2020
Accepted: 04.05.2021
Published April 2021

Keywords

Agelenidae,
Chromosome,
Meiosis,
Tegenaria

Abstract: In this study, *Tegenaria hasperi* and *Tegenaria argaieca* belonging to the Agelenidae family were investigated for the first time cytogenetically. Diploid chromosome numbers and sex chromosome systems of species were determined. Along with the chromosome morphology of the species, the behavior of chromosomes during meiosis was investigated. Chromosome preparations were prepared by classical spreading method and karyotypes belonging to the species were made using Adobe Photoshop CS3 program. As a result of the study, the chromosome morphology of both species was found to be of the telocentric type. Relative lengths of chromosomes decrease gradually. Diploid chromosome numbers and sex chromosome systems were determined as $2n♂ = 43$, $X_1X_2X_30$ for *T. hasperi* and $2n♂ = 42$, X_1X_20 for *T. argaieca*.

* Bu makale Doç. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK danışmanlığında, Şeyma CİVAN tarafından hazırlanan 'Agelescape levyi (Guseinov, Marusik&Koponen, 2005), *Tegenaria hasperi* (Chyzer, 1897) ve *Tegenaria argaieca* (Nosek, 1905) (Araneae: Agelenidae) Türlerinin Sitogenetik Özelliklerinin Araştırılması' başlıklı yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

1. Giriş

Örümcekler, eklem bacaklılar içerisinde böceklerden sonra karasal yaşama en iyi şekilde adaptasyon sağlamış canlılardır (Levi & Levi, 1990). Şimdiye kadar yaklaşık 50.000 tür örümcek tanımlanmıştır (World Spider Catalog, 2021). Örümcekler (Araneae) takımı, Mesothelae, Araneomorphae ve Mygalomorphae olarak üç temel gruba ayrılır. Haplogynae ve entelegynae olarak iki alt soya ayrılan araneomorf örümceklerin entelejin soyu çeşitlilik ve sayı bakımından büyük çoğunluğu oluşturmaktadır (Coddington & Levi, 1991).

Agelenidae familyası 90 cins içermektedir. Agelenid örümcekler sahip olduğu 1342 tür ile dünyada (World Spider Catalog, 2021) ve 62 tür ile ülkemizde (Danışman ve ark., 2021) örümcek familyaları arasında önemli bir yer edinmiştir. Familyanın *Draconarius Ovtchinnikov*, 1999 ve *Coelotes Blackwall*, 1841 cinslerinden sonra en zengin cinsi *Tegenaria Latreille* 1804'tür (World Spider Catalog, 2021) 113 türe sahip *Tegenaria* cinsi (World Spider Catalog, 2021) ülkemizde 32 tür ile temsil edilmektedir (Danışman ve ark., 2021). Cinsine ait türler genelde açık kahverengi bir cephalotoraksa ve üzerinde koyu renk beneklerin bulunduğu kahverengi bir abdomene sahiptir (Faúndez ve ark., 2019).

Dünya üzerinde geniş bir yayılım göstererek dikkat çeken örümcekler birçok alanda çalışmaya konu olmuş ve sitogenetik çalışmalarda da yerini almıştır. Şimdiye kadar 79 familyaya sahip 796 örümcek türü sitogenetik olarak çalışılmış ve karyolojisi belirlenmiştir. Örümcek familyaları arasında en çok çalışılan ve karyolojik bilgileri aydınlatılan familyalar sırayla Salticidae, Lycosidae, Araneidae ve Gnaphosidae örümcekleri olmuştur. Çalışmalar sonucunda elde edilen karyolojik bilgilerin familya içerisiyle uyumlu ve birbirini destekler nitelikte olduğu rapor edilmiştir (Araujo ve ark., 2021).

Agelenidae familyası, büyük bir entelejin örümcek ailesidir. Bazı Agelenid örümcekler araştırma laboratuvarlarında deney hayvanları olarak özellikle tercih edilmektedir (Bolzern ve ark., 2013). Buna rağmen yalnızca 15 türün sitogenetik özellikleri açığa kavuşmuştur. Agelenid örümceklerle ilgili yapılan sitogenetik çalışmalarda diploid sayının genellikle $2n♂=42-43$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Familyada genel olarak rastlanılan eşey kromozomu sistemi X_1X_20 ve $X_1X_2X_30$ sistemidir (Araujo ve ark., 2021).

Örümcek kromozomlarının küçük ve morfolojilerinin çeşitli formda olması, eşey kromozom sistemlerinin farklılıklar içermesi örümcek sitogenetiği çalışmalarını sınırlı kılmaktadır. Bu çalışmada Agelenidae familyasına ait *Tegenaria hasperi* Chyzer, 1897 ve *Tegenaria argeica* Nosek, 1905 türlerinin karyolojik özellikleri ilk kez araştırılmıştır. Türler için karyotip hazırlanarak, diploid kromozom sayısı ile eşey kromozom sistemi elde edilmiştir. Ayrıca kromozom morfolojisi ve kromozomların mayoz bölünmedeki davranışları da rapor edilmiştir. Çalışma Pekár & Král (2001)'in kromozom preparatları hazırlama metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarının sınırlı sayıda olan örümcek sitogenetiği çalışmalarına katkı sağlaması ve familya içerisinde karyolojik bilgilerin aydınlatılmasına yardımcı olması amaçlanmıştır. Elde edilen bilgiler ile iki örümcek türünün daha karyolojik bilgileri açığa kavuşturularak bilime ışık tutması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan erkek bireyler, doğal habitatlarında taş ve toprak üzerinde yaptıkları ağlardan elle, canlı olarak toplanmıştır. Arazi çalışmaları örümcek üreme periyodlarının aktif olduğu Mart-Mayıs (2014) aylarında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Her bir örümcek ayrı bir plastik tüpte olacak şekilde konularak laboratuvar ortamına getirilmiştir. Laboratuvara canlı olarak getirilen örümcekler haftada iki kez *Drosophila melanogaster* L. ile beslenmiş ve nemli ortam sağlanmıştır.

Türlere ait kromozom preparatları, Pekár & Král (2001) yayma metoduna göre yapılmıştır. Canlı haldeki örümcekler, prosoma bölgelerinden pens yardımıyla sıkılarak öldürülmüş ve gonadlar stereomikroskop altında fizyolojik tuz çözeltisi içerisinde diseksiyon yapılarak çıkarılmıştır. Prosoma ve opistosoma daha sonra tür teşhisi için %70 lik etanol içerisinde muhafaza edilmiştir. Gonadlar hipotonik çözeltide bekletilerek 30 dk boyunca hücrelerin şişmesi sağlanmış, sonrasında Carnoy fiksatif içerisine alınarak 20 ile 30 dk olacak şekilde iki kez fikse edilmiştir. Süre sonunda gonadlar lam üzerine alınarak birkaç damla seyreltilmiş asetik asit damlatılmıştır. Dokular 42°C'lik ısıya sahip ısıtıcı tabla üzerinde parçalanmış ve asetik asit buharlaşınca kadar yayma işlemi uygulanmıştır. Hazır hale gelen preparatlar faz kontrast mikroskobu ile incelenerek hücre bölünmeleri bakımından en iyi durumda olan preparatlar seçilmiştir. Preparatlar fosfat tampon içeren %5'lik Giemsa boyasında 50 dk boyunca

bekletilmiştir. Boyama işlemi sonunda preparatlar sırayla musluk suyu ve distile su ile yıkanarak havada kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra preparatlar mikroskop incelemesi yapılanaya kadar özel kutularına konularak buzdolabında +4°C’de muhafaza edilmiştir.

Preparatların incelenmesi Olympus CX21 mikroskobunda 10X büyütmede gerçekleştirilmiştir. İncelenen preparatlarda hücre bölünmelerine ait mitotik metafaz ve mayoz bölünme evreleri belirlenerek BX53 (Olympus) ışık mikroskobu 100X büyütmede CellSens (Olympus) programı ile fotoğrafları çekilmiştir. Her bir tür için 10 adet mitotik metafaz kromozomlarının relatif uzunlukları CellSens (Olympus) programı ile ölçülmüştür. Karyotip ise Adobe Photoshop CS3 programı kullanılarak hazırlanmıştır.

Örneklerin tür teşhisleri Prof. Dr. Osman SEYYAR (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2014) tarafından yapılmıştır.

Çizelge 1. Türe ait lokalite bilgileri ve toplanma tarihi

Tür Adı	Toplam Örnek Sayısı	Lokaliteler	Toplanma Tarihi
<i>Tegenaria argaieica</i> Nosek, 1905	7♂♂	K.Maraş, Göksun; 38°02'09.44" K ve 36°29'38.21" D	18.04.2014
<i>Tegenaria hasperi</i> Chyzer, 1897	5♂♂	Kayseri, Pınarbaşı; 38°54'41.73" K ve 36°28'14.35" D	07.05.2014
		Nevşehir, Gülşehir; 38°44'49.96" K ve 34°36'36.86" D	20.05.2014

3. Bulgular

Çalışmada *T. argaieica* türünün diploid kromozom sayısı ve eşey kromozomu sistemi $2n_{\text{♂}}=42$, X_1X_20 , *T. hasperi* türünün diploid kromozom sayısı ve eşey kromozomu sistemi ise $2n_{\text{♂}}=43$, $X_1X_2X_30$ şeklinde bulunmuştur. Türler için tüm kromozomların telosentrik tipte oldukları tespit edilmiş, kromozom uzunluklarının kademeli olarak azalış gösterdiği belirlenmiştir.

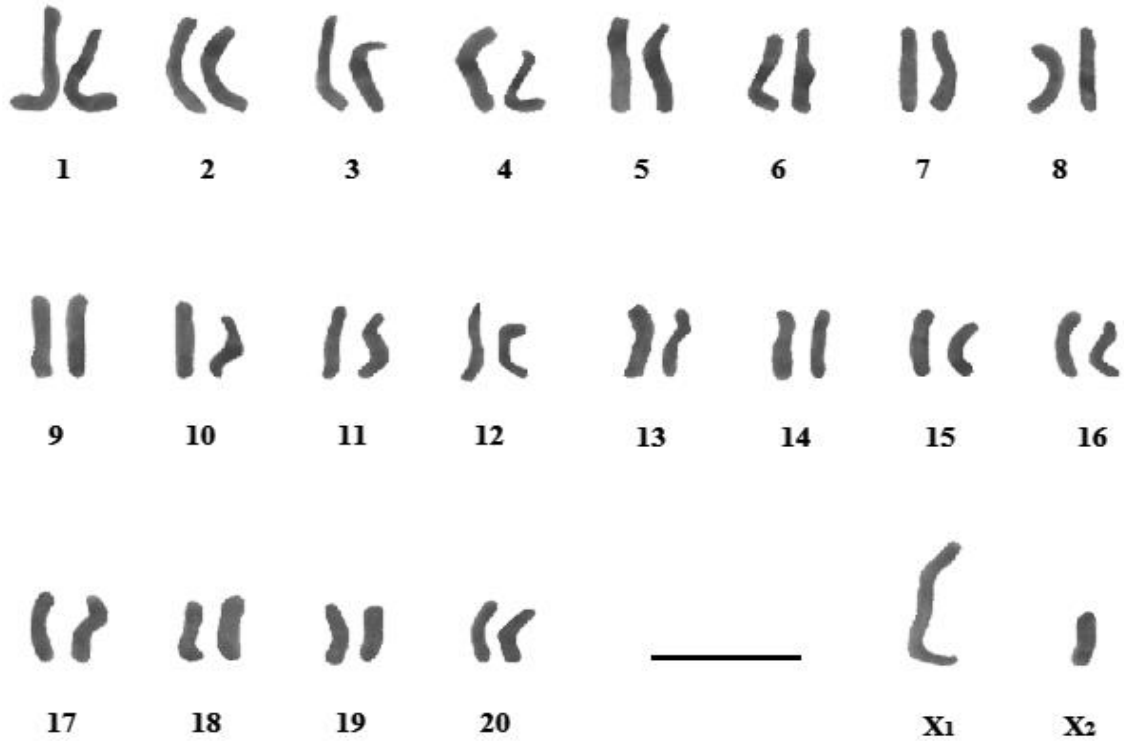
Tegenaria argaieica türüne ait otozomal kromozom çiftlerinin relatif uzunlukları $\%9.74 \pm 1.73$ ile $\%4.86 \pm 0.76$ arasında değişmiştir. X_1 'in relatif uzunluk değerinin $\%11.49 \pm 2.90$ ve X_2 'nin relatif uzunluk değerinin $\%4.27 \pm 1.12$ olduğu belirlenmiştir. Otozomal kromozom çiftlerinin relatif uzunluklarının kademeli bir şekilde azaldığı ortaya konmuştur (Çizelge 2). Karyotipte, X_1 , kromozom çiftlerinin en büyük kromozomu olarak, X_2 ise kromozom çiftlerinin en küçük kromozomu olarak gösterilmiştir (Şekil 1).

Çizelge 2. *Tegenaria argaieica*'ya ait mitotik metafaz kromozomlarının mikrometrik ölçüm sonuçları

Kromozom No	Toplam Uzunluk (µm)	Oransal Boy (%)
1	9.74 ± 1.73	6.70
2	8.38 ± 0.89	5.76
3	7.89 ± 0.96	5.43
4	7.53 ± 0.94	5.18
5	7.28 ± 1.00	5.01

Çizelge 2 devamı

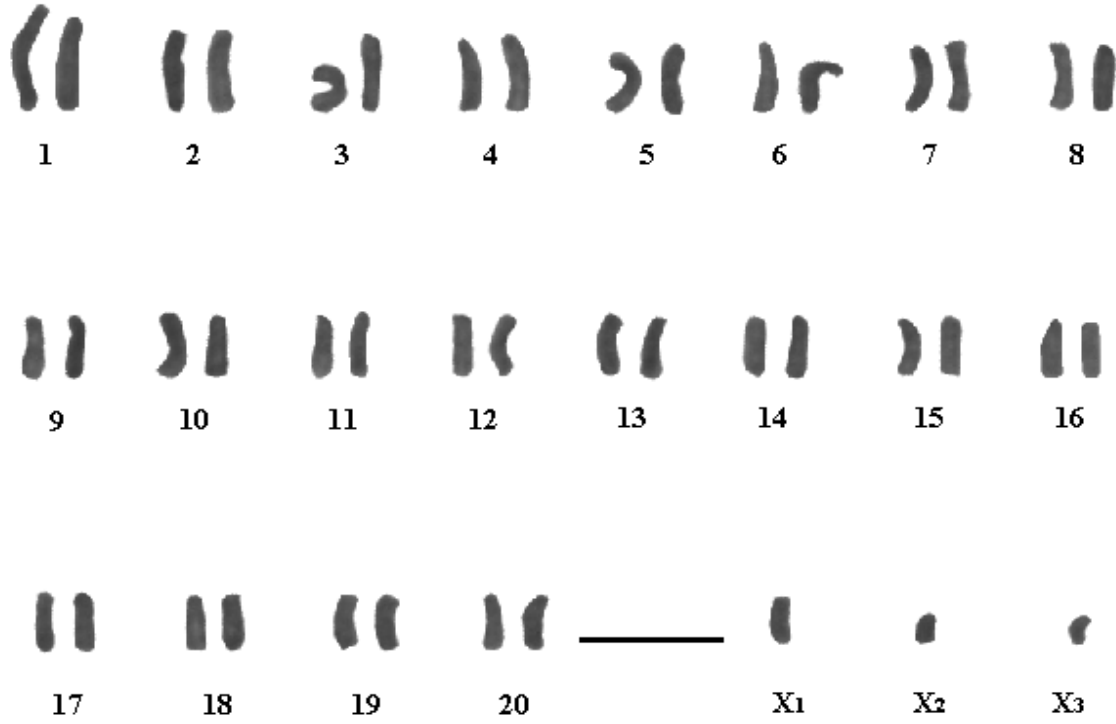
6	7,03 ± 1.00	4.84
7	6.92 ± 1.00	4.76
8	6.63 ± 0.96	4.56
9	6.42 ± 0.99	4.42
10	6.24 ± 0.90	4.29
11	6.10 ± 0.86	4.20
12	5.97 ± 0.87	4.11
13	5.86 ± 0.86	4.03
14	5.76 ± 0.86	3.96
15	5.62 ± 0.85	3.87
16	5.54 ± 0.82	3.81
17	5.46 ± 0.84	3.76
18	5.30 ± 0.78	3.65
19	5.08 ± 0.66	3.49
20	4.86 ± 0.76	3.34
X1	11.49 ± 2.90	7.90
X2	4.27 ± 1.12	2.94

Şekil 1. *Tegenaria argaica* türüne ait karyotip. (Skala=10 µm)

Tegenaria hasperi türüne ait otozomal kromozom çiftlerinin relatif uzunluklarının 8.75 ± 0.31 ile 4.37 ± 0.13 arasında değiştiği gözlenmiştir. X_1 'in relatif uzunluk değerinin 3.67 ± 0.32 , X_2 'nin relatif uzunluk değerinin 2.53 ± 0.17 , X_3 'ün relatif uzunluk değerinin 2.27 ± 0.46 olduğu saptanmıştır. Otozomal kromozom çiftlerinin relatif uzunluklarının kademeli olarak azalış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Karyotipte, eşey kromozomları olan X_1 , X_2 ve X_3 ; küçük kromozomlar olarak gösterilmiştir (Şekil 2).

Çizelge 3. *Tegenaria hasperi*'ye ait mitotik metafaz kromozomlarının mikrometrik ölçüm sonuçları

Kromozom No	Toplam Uzunluk (μm)	Oransal Boy (%)
1	8.75 ± 0.31	7.01
2	7.23 ± 0.32	5.79
3	6.93 ± 0.06	5.55
4	6.67 ± 0.08	5.34
5	6.45 ± 0.06	5.17
6	6.28 ± 0.13	5.03
7	6.07 ± 0.01	4.86
8	5.82 ± 0.03	4.66
9	5.71 ± 0.06	4.57
10	5.60 ± 0.06	4.48
11	5.46 ± 0.06	4.37
12	5.38 ± 0.04	4.31
13	5.31 ± 0.03	4.25
14	5.30 ± 0.15	4.24
15	5.20 ± 0.04	4.16
16	5.16 ± 0.23	4.13
17	5.12 ± 0.19	4.10
18	4.88 ± 0.07	3.91
19	4.71 ± 0.09	3.77
20	4.37 ± 0.13	3.50
X1	3.67 ± 0.32	2.94
X2	2.53 ± 0.17	2.03
X3	2.27 ± 0.46	1.82



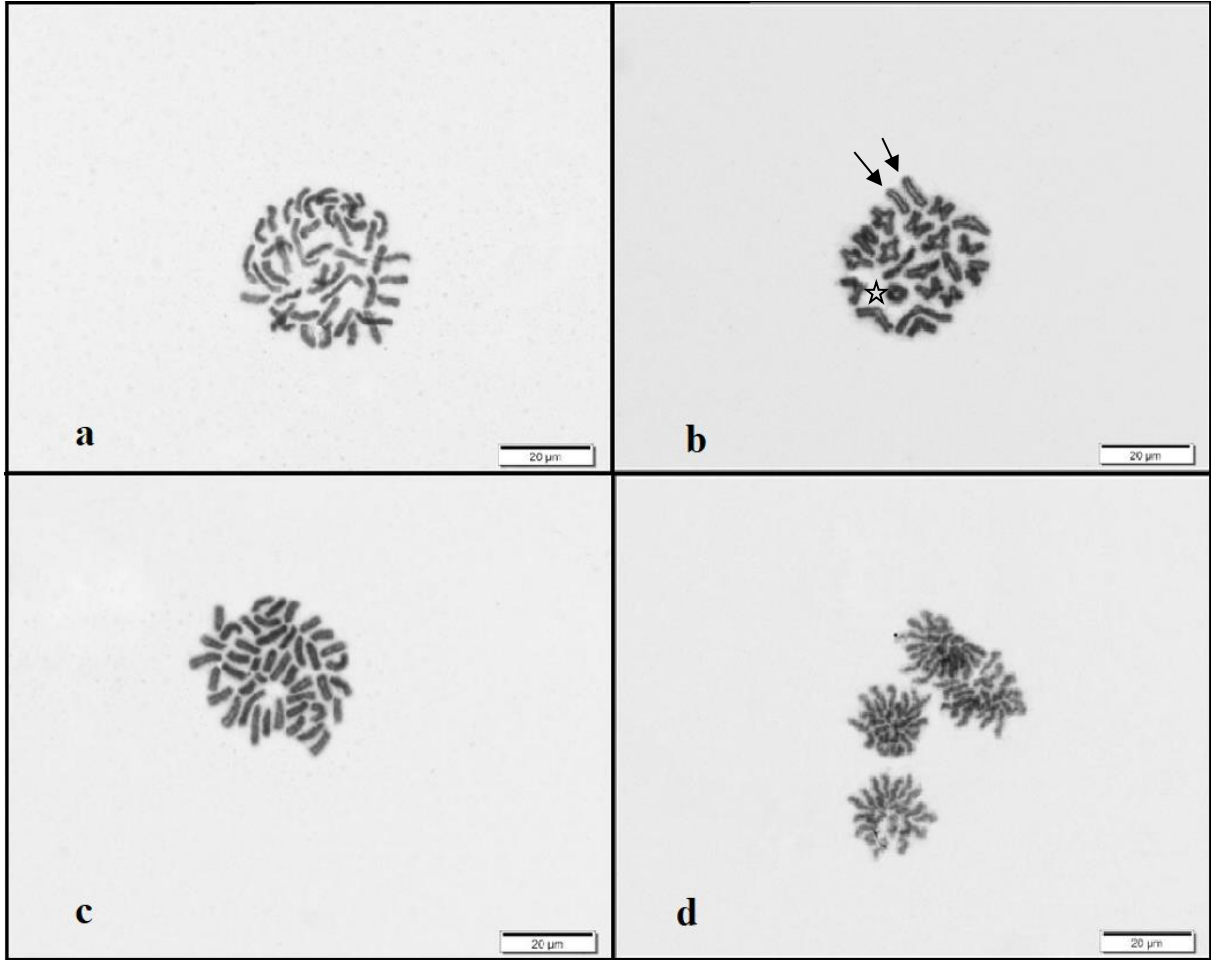
Şekil 2: *Tegenaria hasperi* türüne ait karyotip. (Skala=10 µm)

Tegenaria argaica türüne ait mitotik metafaz evresinde ikisi eşey kromozomu olan toplam 42 kromozom sayılmıştır. Eşey kromozomları bu evrede izopiknotik özelliklerinden dolayı otozomlardan ayırt edilememiştir (Şekil 3a).

Mayoz bölünmeye ait profaz I'in diploten evresinde 20 otozomal bivalent ve iki eşey kromozomu saptanmıştır. Eşey kromozomları pozitif heteropiknotik özellikte olup otozomlardan ayırt edilmiştir. Bu evrede bivalentlerin genellikle tek kiyazmaya, bazı bivalentlerin iki kiyazmaya sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 3b).

Tegenaria hasperi türüne ait mitotik metafaz evresinde üçü eşey kromozomu olmak üzere 43 kromozom tespit edilmiştir. Bu evrede eşey kromozomları izopiknotik özellik göstermelerinden dolayı otozomlardan ayırt edilememiştir (Şekil 3c).

Mayoz bölünmeye ait anafaz II evresinde $n=20$ ve $n=23$ olan iki farklı çeşitte dört yeni çekirdek tespit edilmiştir. Eşey kromozomları izopiknotik özellikte olup otozomlardan ayırt edilememiştir. Kromozomlar telosentrik tipte olmalarından dolayı 'I' şeklinde görülmüştür (Şekil 3d).



Şekil 3: *Tegenaria argaeica* ve *T. hasperi* türüne ait bölünme evreleri. *Tegenaria argaeica* a) mitotik metafaz evresi b) diploten evresi, *T. hasperi* c) mitotik metafaz evresi d) anafaz II evresi (diploten evresi için; oklar eşey kromozomlarını, yıldız iki kiyazmalı kromozomu işaret etmektedir). (Skala=20 µm)

4. Tartışma ve Sonuç

Agelenidae örümceklerinde yapılan sitogenetik araştırmalarda 7 cinse ait 16 örümcek türünün karyolojik özellikleri açığa kavuşmuştur. Buna göre Agelenidae familyası erkek örümceklerinde diploid kromozom sayısının $2n♂=18-52$ (*Eratigena atrica* (C. L Koch, 1843) $2n♂ = 18$ ve *Agelena naevia* (Walckenaer, 1841) $2n♂ = 52$) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Araujo ve ark., 2021).

Agelenid örümceklerde karyolojik bilgileri en fazla açığa çıkarılan cins *Tegenaria*'dır. Cins içerisinde en çok çalışma yapılan tür ise *Tegenaria domestica* (Clerck, 1757) olarak kaydedilmiştir. *Tegenaria domestica*'nın karyolojik bilgilerine bakıldığında, türe ait diploid sayı ve eşey sistemi $2n♂=43$, $X_1X_2X_30$ şeklinde, kromozom morfolojisi ise akrosentrik ve telosentrik tipte rapor edilmiştir. *Tegenaria silvestris* L. Koch, 1872 ve *Tegenaria elysii* Brignoli, 1978 türlerinin eşey kromozom sistemi $2n♂=42$, X_1X_20 olarak belirlenmiş, kromozom morfolojileride sırasıyla akrosentrik ve telosentrik tipte elde edilmiştir. *Tegenaria parietina* (Fourcroy, 1785) ve *Tegenaria campestris* (C.L. Koch, 1834) türlerinin eşey kromozom sistemi $2n♂=43$, $X_1X_2X_30$ ve kromozom morfolojisi akrosentrik tiptedir. *Tegenaria ferruginea* (Panzer, 1804) türünün karyolojik özellikleri $2n♂=40$, $X_1X_2X_3X_4X_5Y$, kromozom morfolojisi akrosentrik ve metasentrik iki formda olup familya için tek örnek olarak kabul edilmektedir (Araujo ve ark, 2021).

Çalışmamızda elde edilen diploid sayı ve eşey kromozom sistemi *T. hasperi*, $2n♂=43$, $X_1X_2X_30$ ve *T. argaeica*, $2n♂=42$, X_1X_20 şeklindedir. Elde edilen sonuçlar familya sonuçları ile uygunluk göstermektedir. Örümceklerde X_1X_20 eşey sistemine sıklıkla rastlanmaktadır. X_1X_20 eşey sisteminin,

X0 sisteminden sentrik fizyon yoluyla veya X kromozomunun duplikasyonu ile oluştuğu kabul edilmektedir. $X_1X_2X_30$ eşey sisteminin ise eşey kromozomlarının duplikasyonu ile oluşan dört X kromozomundan bir tanesinin delesyonu ile oluştuğu hipotezi önem kazanmaktadır (Král, 2007).

Örümceklerde yapılan sitogenetik çalışmalarda dört ayrı kromozom morfolojisi tipi kesinlik kazanmıştır. Mesothelae ve Mygalomorphae örümceklerde genellikle metasentrik, submetasentrik ve akrosentrik tipte kromozomlara rastlanırken, Araneomorphae örümceklerde genellikle akrosentrik/telosentrik tipte kromozomlar saptanmıştır.

Agelenid örümceklerle yapılan çalışmalarda kromozom morfolojisi akrosentrik ya da telosentrik olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada her iki türde de tüm kromozomlar telosentrik tipte elde edilmiştir. Kromozomların telosentrik formda olması, mayoz bölünme evrelerinde kromozom davranışlarının kolay analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Mayoz I evrelerinde eşey kromozomlarının çoğunlukla pozitif heteropiknotik özellikte; mayoz II evrelerinde ise izopiknotik özellikte olduğu gözlemlenmiştir. Bu sitogenetik karakter araneomorf örümceklerin neredeyse hepsinde tespit edilmiştir.

Çalışmada türlere ilişkin elde edilen sitogenetik bulgular, uluslararası platformda oluşturulan veri tabanına *Tegenaria* cinsi için ilave bilgilerin eklenmesine katkı sağlamıştır. Ayrıca *Tegenaria* cinsi karyolojik özellikler açısından değişkenlik gösterdiği için mevcut her yeni bilgi, diploid sayı ve eşey kromozom sisteminin daha iyi anlaşılabilmesi için önemlidir.

Teşekkür

Örümceklerin araziden toplanması ve laboratuvar çalışmalarının yürütülmesinde yardımlarından dolayı Doç. Dr. Ümit Kumbıçak, F. Anıl Sırlıbaş ve Hatice Poyraz'a teşekkür ederim. Bu çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Genetik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Araujo, D., Schneider, M. C., Paulo-Neto, E., & Cella, D. M. (2021). *The Spider Cytogenetic Database*. Version 9.0. <http://www.arthropodacytogenetics.bio.br/spiderdatabase/> Erişim tarihi: 10.03.21
- Bolzern, A., Burckhardt, D., & Hänggi, A. (2013). Phylogeny and taxonomy of European funnel-web spiders of the *Tegenaria-Malthonica* complex (Araneae: Agelenidae) based upon morphological and molecular data. *Zoological Journal of The Linnean Society*, 168., 723-848. doi:10.1111/zoj.12040
- World Spider Catalog. (2021). Version 22.0. Natural History Museum Bern. <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on {10.03.2021}. doi: 10.24436/
- Coddington, J. A., & Levi, H. W. (1991). Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*, 22, 565-592. doi:10.1146/annurev.es.22.110191.003025
- Danışman, T., Kunt, K. B., & Özkütük, R. S. (2021). *The Checklist of The Spiders of Turkey*. Version 2019. <http://www.spidersofturkey.info> Erişim tarihi: 10.03.21
- Faúndez, E. I., Carvajal, M. A., Asplanato, N., Raffo, F., & Vargas, C. J. (2019). Contribution to the knowledge of *Tegenaria domestica* (Clerck, 1757) (Araneae: Agelenidae) in Southern Patagonia. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 47(3) , 43-47. doi: 10.4067/S0718-686X2019000300043
- Král, J. (2007). Evolution of multiple sex chromosomes in the spider genus *Malthonica* (Araneae: Agelenidae) indicates unique structure of the spider sex chromosome systems. *Chromosome Research*, 15, 863-879. doi: 10.1007/s10577-007-1169-3
- Levi, H. W., & Levi, L. (1990). *Spider and Their Kin (A Golden Guide)*. New York: Golden Books Publishing Company.
- Pekár, S., & Král, J. (2001). A comparative study of the biology and karyotypes of two central european Zodariid spiders (Araneae: Zodariidae). *Journal of Arachnology*, 29(3), 345-353. doi: 10.1636/0161-8202(2001)029[0345:ACSOTB]2.0.CO;2

