

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2024 - Sayı - 2
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2024, Cilt/Volume: 6, Sayı/Issue: 2

Privilege Owner / İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL

Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Norita NORRAWİ

Prof. Dr. Mirha DİKİÇ

Dr. Teuku Reza FERASYİ

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. İskender AKKURT

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Halime ÜNLÜ

Doç. Dr. Abdullah GENÇ

Doç. Dr. Musa YAVUZ

Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Dr. Mahdi HOSSEINI

Dr. Supriyanto SUPRIYANTO

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Ali Nadi KAPLAN

Dr. Öğr. Üyesi Tuna GÖKSU

Dr. Öğr. Üyesi Mevlüt Yunus KAYACAN

Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Prof. Dr. Altan DOMBAYCI

Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK

Doç. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ

Prof. Dr. Hasan ALKAN

Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN

Prof. Dr. Mahmut ELP

Doç. Dr. Osman GENCEL

Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL

Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doğu, Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası, Zemin Kat
32260 Çünür/Isparta

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

Tel: 0246 214 65 74

Teknik Editörler/Technical Editors

Doç. Dr. Gürcan GÜLER

Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ

Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ aşağıdaki indeks ve özler tarafından
taranmaktadır.

TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING is indexed and/or abstracted by
the following international databases.



Academic Resource Index (ResearchBib)



Directory of Research Journals Indexing (DRJI)



Asos Index



Bielefeld Academic Search Engine (BASE)



International Institute Of Organized Research (I2OR)



Acarindex

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma / Research

Cross-Assist: Road Assistance Application for Visually Impaired People

Cross-Assist: Görme Engelli Kişiler için Yol Yardım Uygulaması

Ayşe Demirhan, Dilruba Alkan 72-81

Çörek Otu Üretiminin Geliştirilmesi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri: Burdur İli Bucak İlçesi Örneği

Development of Black Cumin Seed Production, Problems and Solution Suggestions: The Example of Bucak District of Burdur Province

Şeyma Özer, Hasan Yılmaz 82-91

Investigation of Thermal Insulation and Water Absorption Properties of Cortaderia Selloana Short Fibers Reinforced Sustainability Composite Material

Cortaderia Selloana Kısa Elyaf Takviyeli Sürdürülebilir Kompozit Malzemenin Isı Yalıtımı ve Su Emme Özelliklerinin İncelenmesi

Murat Kodaloğlu, Feyza Akarslan Kodaloğlu 92-98

Isparta Ekolojik Koşullarında Farklı Azotlu Gübre ve Doz Uygulamalarının Cin Mısırında Bazı Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Etkisi

The Effect of Different Nitrogen Fertilizer and Dose Applications on Some Yield and Yield Components of Popcorn under Isparta Ecological Conditions

İlknur Akgün, Kürşat Bucak 99-113

Satellite Observations of Air Quality Dynamics in Türkiye

Türkiye'deki Hava Kalitesi Dinamiklerinin Uydu Gözlemleri

Nehir Uyar 114-120

Denizli İli, Güney İlçesi, Aydoğdu Yöresinde Yetiştirilen Denizli Kekiği (*Origanum onites* L.)

Üzerindeki Böcek Türlerinin Belirlenmesi

Determination of Insect Species on Denizli Thyme (Origanum onites L.) Grown in Aydoğdu Region, Güney District, Denizli Province

Anıl Berke Yılmaz, İsmail Karaca 121-131

Evaluating The Type I Error Rate Performances of Hsieh, F, and Kruskal-Wallis Tests Using Monte Carlo Simulation Technique

Hsieh, F ve Kruskal-Wallis Testlerinin Monte Carlo Simülasyon Tekniği Kullanılarak I. Tip Hata Olasılıkları Bakımından Değerlendirilmesi

Malik Ergin, Özgür Koşkan 132-137

Isparta Ekolojik Koşullarında Farklı Hasat Zamanlarında Yer Elmasının (*Helianthus tuberosus* L.) Hasıl Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of the Green Forage Yield and Quality Characteristics of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) at Different Harvesting Times in Isparta Ecological Conditions

Emre Bıçakçı, Cahit Balabanlı, Rabia Yılmaz 138-142

Bazı Entomopatojen Fungusların Entomopatojen Nematod *Steinernema feltiae* ile Etkileşimlerine İlişkin Bir Ön Çalışma

A Preliminary Study on the Interactions Between Some Entomopathogenic Fungi and the Entomopathogenic Nematode Steinernema feltiae

Şerife Evrim Arıcı, Fatma Gül Göze Özdemir 143-147



Cross-Assist: Road Assistance Application for Visually Impaired People

Ayşe Demirhan^{1*}, Dilruba Alkan²

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü – Ankara-Türkiye

*Sorumlu yazar: ayseoguz@gazi.edu.tr

ARTICLE INFO

Received: 04/03/2024

Accepted: 27/09/2024

Keywords: Assistive technology, Crosswalk detection, Pedestrian traffic light detection, Visual impairment, YOLO object detector

DOI: 10.55979/tjse.1447019

ABSTRACT

According to WHO (World Health Organization) 2.2 billion people in the world have visual impairment. About 40 million of them experience complete vision loss. This number is substantial for the world population. Lack of visual function is one factor that makes it difficult for the individual to participate in social life. Because a barrier-free life is aimed, studies have emerged due to the difficulties encountered. One of these difficulties is that they need help seeing pedestrian lights and roads to cross the street. In this study, a mobile application is designed to address this issue. The application provides visually impaired individuals with voice alerts about the status of crosswalks and traffic lights. This mobile application was developed using Flutter. The convolutional neural network model and YOLO (You Only Look Once) v2Tiny algorithm were used for real-time object recognition from the images taken from the mobile phone camera. Mobile application successfully recognizes red light, green light, and crosswalk with 89.52%, 89.1%, and 88.57% accuracies, respectively. The novelty of this study lies in incorporating both pedestrian traffic light detection and crosswalk identification within a mobile application.

Cross-Assist: Görme Engelli Kişiler için Yol Yardım Uygulaması

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 04/03/2024

Kabul tarihi: 27/09/2024

Anahtar Kelimeler: Destekleyici teknoloji, Yaya geçidi algılama, Yaya trafik ışıkları algılama, Görme engelli, YOLO nesne algılayıcı

DOI: 10.55979/tjse.1447019

ÖZET

DSÖ'ye (Dünya Sağlık Örgütü) göre dünyada 2.2 milyar kişinin görme engeli bulunmaktadır. Bu kişilerden yaklaşık 40 milyonu tamamen görme kaybı yaşamaktadır. Bu sayı dünya nüfusu için önemli bir rakamdır. Görme fonksiyonunun eksikliği, bireyin sosyal yaşama katılımını zorlaştıran bir faktördür. Engelsiz bir yaşam hedeflendiği için karşılaşılan zorluklar nedeniyle birçok çalışma ortaya çıkmıştır. Bu zorluklardan biri, görme engelli bireylerin yolda karşıya geçerken yaya ışıklarını ve yolları görmelerine yardımcı olmaya ihtiyaç duymalarıdır. Bu çalışmada bu soruna çözüm bulmak amacıyla tasarlanmış bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama, görme engelli bireylere yaya yollarının ve trafik ışıklarının durumu hakkında sesli uyarılar sağlamaktadır. Bu mobil uygulama, Flutter kullanılarak geliştirilmiştir. Mobil telefon kamerasından alınan görüntüler üzerinden gerçek zamanlı nesne tanıma için konvolüsyonel sinir ağı modeli ve YOLO (You Only Look Once) v2 Tiny algoritması kullanılmıştır. Mobil uygulama, kırmızı ışık, yeşil ışık ve yaya geçidi tanımayı sırasıyla %89.52, %89.1 ve %88.57 doğruluk oranlarıyla başarıyla gerçekleştirmektedir. Bu çalışmanın yeniliği, bir mobil uygulama içinde hem yaya trafik ışığı tespiti hem de yaya geçidi tanımlamasını içermesidir.

1. Introduction

Various methods and technologies have been developed to enable visually impaired individuals to travel safely and independently in traffic. Among these methods, traditional tools such as walking canes and trained guide dogs play a significant role. Additionally, equipping traffic signals with auditory alerts is an effective approach to help visually impaired individuals perceive environmental conditions and manage traffic movements. Mobile applications also play a crucial role in this domain, offering features such as location-based auditory

guidance and alerting users to environmental hazards, thus assisting visually impaired individuals in safe navigation. Voice map applications describe streets and key locations audibly, while sensors embedded in clothing and equipment detect environmental obstacles and provide users with vibration or auditory warnings. Each of these methods offers different advantages in enhancing the safety of visually impaired individuals in traffic, and it is essential to select options tailored to individuals' needs and preferences.

Mobile applications developed for visually impaired individuals are designed to reduce daily barriers and enhance independence. These applications typically offer various features such as location-based auditory guidance, voice reading of texts, color and light detection, navigation support, and access to online shopping or social media platforms. Continuously evolving, these technologies aim to improve users' quality of life by enabling greater independence in daily activities for visually impaired individuals.

Most of the time, artificial intelligence is utilized in the development of these technologies. Artificial intelligence aims to adapt human actions to machines and systems by simulating human intelligence and behavior. One of the human characteristics aimed to adapt is visual function. Machine vision is a set of events consisting of object detection, sensing, and following the objects performed by robots, machines, etc. The foundation of machine vision involves converting captured images into digital data using advanced processing techniques. This conversion is achieved through artificial neural networks, which are essential for transforming visual information into a digital format. These neural networks are vital to the operation of machine learning and deep learning systems, providing the primary inputs that allow these technologies to analyze and interpret visual data. The model obtained from training an artificial neural network ensures that a machine or system can accurately predict outcomes, recognize patterns, classify data, and perform specific tasks by learning from and adapting to the data it has been trained on.

Machine vision finds applications across various fields including industrial production processes, quality control, traffic management, and healthcare, among others. Its continuous advancements not only benefit industries but also contribute to simplifying our daily lives. The adaptability and wide-ranging applicability of machine vision make it a valuable tool for solving diverse problems.

By mimicking human visual functions, machine vision technology has been developed to address a multitude of challenges. It has also been harnessed to enhance the lives of visually impaired individuals. One specialized area within machine vision focuses on addressing the difficulties faced by visually impaired pedestrians in navigating traffic. Some studies in this domain involve processing images of traffic lights, while others focus on detecting crosswalks (Li et al., 2020; Shangquan et al., 2014).

Several mobile applications have been developed as part of these studies, but most of them specialize in either traffic light recognition or crosswalk detection, not both.

The contribution of this study is that it includes both the identification of pedestrian traffic lights and crosswalks in a mobile application. For this purpose, a mobile application has been developed that recognizes pedestrian traffic lights and the crosswalk and uses sound to inform visually impaired people whether they should cross the

road. This mobile application aims to minimize the difficulties that visually impaired people encounter in traffic and overcome some challenges in joining social life.

Convolutional neural network models are widely employed for machine vision tasks (Khan et al., 2018; Sinha et al., 2018; Srinivas et al., 2016). In this study, YOLO, a highly successful algorithm for real-time object identification (Huang et al., 2018) is utilized. YOLO stands out due to its speed and real-time object identification capabilities compared to other algorithms. For this study, images sourced from the internet and mobile phone cameras constitute the dataset used to train and test YOLO. The resulting weight files from this training process are converted into the necessary formats and integrated into the mobile application.

2. Related Work

In complex urban traffic conditions, blind individuals typically rely on traditional walking sticks for navigation, using the tip of the stick to touch the ground and sweep from side to side to detect obstacles and gather information about the road ahead. However, these canes struggle to detect distant objects or obstacles that are elevated above ground level. To address these limitations, artificial intelligence-based solutions for obstacle avoidance have been developed, utilizing hardware such as smart glasses, smartphones, Raspberry Pi, ultrasonic sensors, water sensors, cameras, Arduino, belts, harnesses, and bone conduction headsets (Wang et al., 2023).

Numerous studies have been conducted employing machine vision techniques to assist visually impaired individuals. These studies can be categorized into three primary domains (Cheng & Tsai, 2024; Kuriakose et al., 2023, Hwang et al., 2024, J., Ash et al., 2018; Ghilardi et al., 2018; Cheng et al., 2018; Rajwani et al., 2018; Tosun & Karaarslan, 2018; Dionisi et al., 2012; Arora et al., 2019). The first domain pertains to the context in which the study is conducted, with the type of objects to be identified determining the focus of such investigations. Another significant aspect is the methodology employed, with widely utilized real-time image processing techniques including R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network), Faster R-CNN, SSD (Single Shot Detector), and YOLO (Li et al., 2020; Shangquan et al., 2014). The third major differentiator among these studies is the specific environment in which the research is conducted. In some cases, the trained model is embedded in a mobile application, while sometimes it can be used with a hardware module containing a camera (Li et al., 2020; Ash et al., 2018; Cheng et al., 2018; Mahesh et al., 2021; Son & Weiland, 2022; Cheng et al., 2017).

In the study of Li et al (2020), a system named Cross-Safe is designed to offer accurate and accessible guidance to visually impaired individuals crossing intersections, integrated into a comprehensive smart wearable device. They were addressing the red-light-green-light, go-no-go

problem, due to the significant lack of accessible pedestrian signals in New York City's urban infrastructure. Cross-Safe utilizes CNN based deep learning techniques for real-time detection and recognition of pedestrian signals. Their system needs extra hardware equipment such as Nvidia Jetson TX2, bone-conduction headset for voice feedback and power bank and its accessories to operate (Li et al., 2020).

Son & Weiland (2022) proposed a wearable system to assist visually impaired users at signalized crosswalks. The system provides verbal instructions for the user to either move "forward" or adjust their direction by veering left or right. The navigation system operates on a commercially available mobile computer, and includes hardware components such as an RGB-D camera, a BNO055 IMU sensor, and bone conduction headphones for user interaction. It also utilizes a pre-mapped layout of the crosswalks. Each software component operates on the Robot Operating System (ROS). The system uses the location of a crosswalk end plate to link the pre-mapped layout, collected with LiDAR (Light Detection and Ranging), to real-time RGB-D streaming data. A modified U-net structure and images from 16 crosswalks near their research lab were employed in the system (Son & Weiland, 2022).

In several studies, real-time object detection for pedestrian traffic light detection was conducted using R-CNN, Faster R-CNN, SSD, and YOLO (Ash et al., 2018; Ghilardi et al., 2018). Upon examining these studies, it is evident that some utilized a portable device rather than a mobile application (Li et al., 2020; Cheng et al., 2018). Additionally, the camera position varied across these prior studies.

Kuriakose et al. (2023) introduced a smartphone-based navigation assistant that leverages deep learning to provide users with detailed information about obstacles, including their type, position, distance, motion status, and surrounding scene details. The system primarily consists of a smartphone and a bone conduction headset, along with several software modules for obstacle detection, distance and position estimation, motion detection, and scene recognition. Navigation information is delivered to the user through the bone conduction headset. For obstacle detection, they employed a lightweight model, EfficientDet-Lite4, from the Efficient Det family. The system can recognize various objects from both indoor and outdoor environments, such as cars, chairs, people, plants, stop signs, traffic lights, and trees (Kuriakose et al., 2023).

Cheng & Tsai (2024) utilized image processing techniques to pinpoint the central position of crosswalks. Working within both RGB and HSV color spaces, they first removed shadows from the crosswalk images and then extracted the white stripes. By determining the middle line of the crosswalk, they provided guidance to visually impaired individuals for safely crossing the road. Once the center line was identified, directional signals were delivered through a wearable device equipped with

vibrating wristbands to assist the visually impaired in navigation (Cheng & Tsai, 2024).

Hwang et al. (2024) developed an end-to-end framework that analyzes street scene images to produce interpretable safety risk assessments for crossing streets. They gathered data on crosswalk intersections using multiview egocentric images captured by a quadruped robot, and annotated these images with safety scores based on a predefined categorization. To assess street-crossing risks, they used images labeled with safety risk levels in combination with GPT-4V, a large language model. The robot's multiview egocentric images provided visual data, including object detection bounding boxes, segmentation masks, and optical flow. This visual information, along with text prompts, was processed by the LLM to generate both safety scores and scene descriptions (Hwang et al., 2024).

In this study, images are captured using a mobile phone's camera. Although the camera position can vary, the plan is to hang the phone around the individual's neck to position the camera accordingly. In other studies, where images are captured from a camera on a portable device rather than a phone camera, the camera is typically positioned on wearable technologies such as a walking stick for the disabled (Shangguan et al., 2014), glasses (Cheng et al., 2018; Cheng et al., 2017), or a vest (Li et al., 2020).

In this study, crosswalks and traffic lights are simultaneously identified as different classes. The reviewed studies did not reveal any mobile applications that classify crosswalks and traffic lights concurrently. Most research in this area has been conducted using a portable camera module. In contrast, this study does not require additional hardware to identify crosswalks and traffic lights, thereby relieving the user of the need to carry an external device. Data from the mobile phone's rear camera is processed, and the user is provided with voice guidance.

For this study, a mobile application has been developed utilizing the YOLOv2 Tiny algorithm. YOLOv2 Tiny was specifically selected due to its seamless integration with the Flutter SDK (Software Development Kit) commonly employed in mobile app development, as well as its compact size within the app. This mobile app is designed to identify pedestrian traffic lights and crosswalks simultaneously. Unlike previous related studies in the literature that focus solely on either pedestrian traffic lights or crosswalks, this app covers both aspects (Li et al., 2020; Cheng et al., 2018; Son & Weiland, 2022; Cheng et al., 2017).

3. Material ve Method

3.1. YOLO

YOLO is a deep learning algorithm, an acronym for 'You Only Look Once' and is named upon its ability to capture images at first glance. YOLO uses CNN and it is a popular algorithm in real-time object detection. It is prominent among other algorithms because it is very fast

at real-time object detection. In YOLO, the incoming image passes through the convolutional neural networks only once. This is the reason behind being fast, as other algorithms often use the images many times through the network. Also, YOLO can simultaneously identify the objects and their coordinates (Huang et al., 2018).

3.2. Dataset

Dataset size and quality play crucial roles in deep learning research. As a result, a variety of environments, lighting conditions, object dimensions, and distances in captured images are utilized to construct a more resilient dataset. The dataset used in this study comprises pedestrian traffic light and crosswalk images sourced from the Traffic Light Detection Dataset (Kaggle, 2022), the Crosswalk Dataset (Kaggle, 2020), and images collected through web searches. The Traffic Light Detection Dataset includes 2600 artificially labeled images with traffic light categories and color labels, covering nine categories: motor vehicle signal light, non-motor vehicle signal lights, left turn non-motor vehicle signal light, crosswalk signal light, lane lights, direction indicator light, flashing warning light, crossing signal light, and U-turn signal light (Kaggle, 2022). The Crosswalk Dataset is divided into four classes, each representing a different perspective. The first class consists of crosswalks viewed from the front, the second and third classes show half-lanes viewed from the left or right, and the fourth class contains non-crosswalk images, such as asphalt, passing cars, and sidewalks. These images were extracted from several videos recorded at a resolution of 1280x720 at 30 FPS in Fortaleza-CE, Brazil, during daylight hours. The images retain the same resolution as the videos, 1280x720 (Kaggle, 2020).



Figure 1. Example images from our image dataset

Images within the dataset are annotated for model training purposes. During annotation, the dataset is categorized into 5 distinct classes: negative, positive, green, red, and crosswalk. The positive class pertains to pedestrian traffic

lights, whereas the negative class relates to vehicle traffic lights. The creation of these classes is intended to prevent the mobile application from directing pedestrians based on vehicle traffic lights. Additionally, red and green light classes are established to denote the color of pedestrian lights, while the crosswalk class is designated for identifying crosswalks. The dataset encompassing these classes comprises a total of 3367 images, with 30% allocated for testing and 70% for training the model. Specifically, the training dataset contains 2357 images, while the testing dataset comprises 1010 images. Figure 1 showcases sample images extracted from the dataset.

3.2. Real-Time Object Detection

A literature review was conducted on real-time object detection, comparing models employing various algorithms like SSD, YOLO versions, R-CNN, Faster R-CNN, etc. Among these, YOLO is acknowledged as the fastest and most accurate algorithm for real-time object detection, as evidenced by studies (Ash et al., 2018; Ghilardi et al., 2018; Francies et al., 2022; Li et al., 2022).

The YOLO algorithm has numerous versions, each tailored for specific application purposes. In this study, we tested the YOLOv4, YOLOv2, and YOLOv2-Tiny algorithms using our created dataset. Results revealed that YOLOv4 achieved the highest accuracy among these versions, while YOLOv2 exhibited the lowest accuracy in these evaluations. The YOLOv2-Tiny version was tested because the weight files generated from training with the YOLOv4 and YOLOv2 algorithms are too large for practical use in a mobile application. The smaller size of the YOLOv2-Tiny weights makes it more suitable for the limited storage and processing capabilities of mobile devices, ensuring efficient and effective performance (Chen et al., 2022). The YOLOv2-Tiny algorithm was chosen as the ultimate selection due to its compatibility with Flutter, the Software Development Kit utilized for mobile application development, its speed compared to other algorithms, and the smaller size of its output weight files.

The network architecture of YOLO (Figure 2) is similar to GoogLeNET, which consists of 22 layers of convolutional neural networks developed by Google researchers (Redmon et al., 2016). The YOLO neural network is composed of 24 convolutional layers, followed by 2 fully connected layers that define box coordinates and probabilities. To reduce the depth of characteristic maps, YOLO uses 1x1 convolutional layers on the initial layers of GoogLeNET. Initially trained on 224x224 pixel images, the input image is later scaled up to 448x448 pixels for increased prediction accuracy (Redmon et al., 2016).

Despite variations in network architectures across different YOLO versions, the fundamental structure of convolutional neural networks remains consistent. Notably, YOLO Tiny features 9 convolutional neural network layers, setting it apart from other versions. Although the accuracy of the YOLOv2-Tiny model is not the highest, achieving around 57.1% mAP (mean Average

Precision), it allows the model to run faster and take up less space, with a file size of approximately 44 MB (Wang et al., 2021).

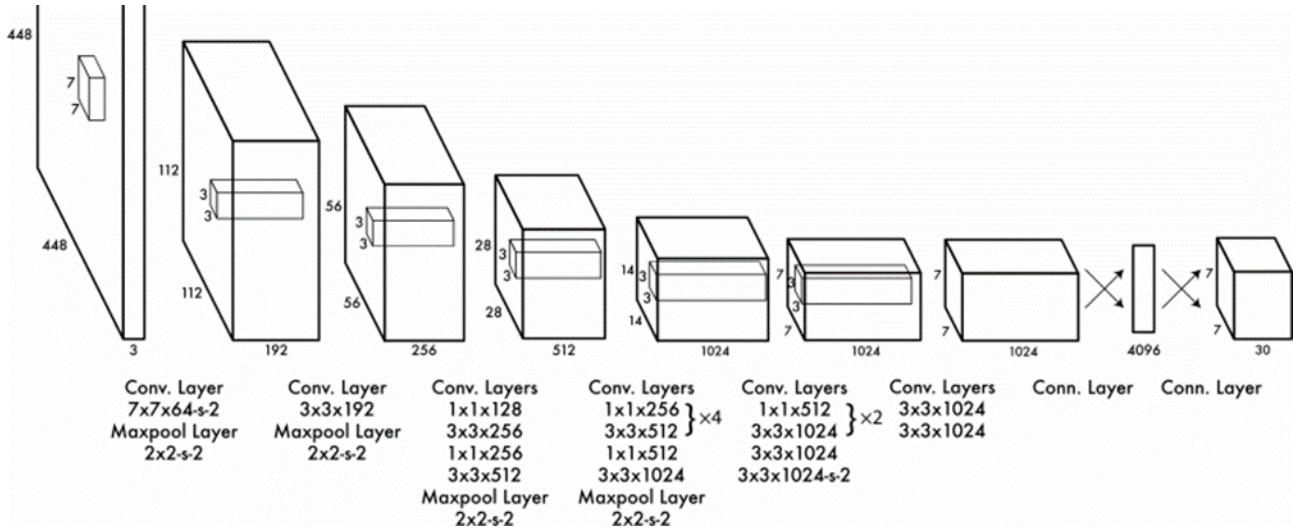


Figure 2. YOLOv2-Tiny Architecture (Redmon et al., 2016)

Table 1. Configuration Parameters

Parameter	Value
Momentum	0.9
Learning Rate	0.001
Epochs	8000, 9000
Batch	64
Subdivisions	2

The model training configuration parameters are outlined in Table 1. These parameters were established through a review of prior studies and experimentation with varying parameter values. The configuration parameters presented in Table 1 yielded optimal accuracy at the conclusion of model training for this study.

- Momentum: How much the history affects the further change of weights.
- Learning Rate: The learning rate is a hyper-parameter that controls how much to change the model in response to the estimated error each time the model weights are updated.
- Epochs: Number of iterations
- Batch: Represents the number of training examples utilized in one iteration.
- Subdivisions: The number of blocks subdivided batch.

YOLO classification loss is calculated using Eq. (1) (Redmon et al., 2016).

$$\sum_{i=0}^{S^2} 1_i^{obj} \sum_{c \in classes} (p_i(c) - (\hat{p}(c)))^2 \quad (1)$$

Here's what each term in the equation represents:

- S^2 : The number of grid cells in the final output feature map.

- 1_i^{obj} : An indicator function that evaluates if grid cell i contains an object or not. It equals 1 if an object is present in cell i and 0 otherwise.
- $classes$: The set of all classes that the model can predict.
- $p_i(c)$: The predicted probability of class c for grid cell i .
- $\hat{p}(c)$: The true probability of class c for the detected object.

The equation calculates the classification loss by summing the squared differences between the predicted probabilities $p_i(c)$ and the true probabilities $\hat{p}(c)$ for each class c across all grid cells i where an object is present.

The localization loss (errors between the predicted boundary box and the ground truth) is calculated using Eq. (2).

$$\lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} \left[(\sqrt{w_i} - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2 \right] \quad (2)$$

Terms in the equation represent:

- λ_{coord} : A scaling factor that balances the impact of localization loss.
- B : The number of bounding boxes predicted per grid cell.
- 1_{ij}^{obj} : An indicator function that evaluates if bounding box j in cell i is responsible for object detection. It equals 1 if the box is responsible and 0 otherwise.

- x_i, y_i, w_i, h_i The predicted coordinates and dimensions of the bounding box in cell i .
- $\hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{w}_i, \hat{h}_i$: The true coordinates and dimensions of the bounding box in cell i .

Here, $1_{ij}^{obj} = 1$ if the j^{th} boundary box in cell i is responsible for detecting the object, otherwise it equals to 0. λ_{coord} increases the weight for the loss in the boundary box coordinates.

The confidence loss (the objectness of the box) is calculated using Eq. (3) if an object is detected in the box.

$$\sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \quad (3)$$

Here, \hat{C}_i is the box confidence score of the box j in cell i . 1_{ij}^{obj} if the j^{th} boundary box in cell i is responsible for detecting the object; otherwise it equals 0.

The confidence loss is calculated using Eq. (4) if an object is not detected in the box;

$$\lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{noobj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \quad (4)$$

Here, 1_{ij}^{noobj} is the complement of 1_{ij}^{obj} , \hat{C}_i is the box confidence score of the box j in cell i . λ_{noobj} weights down the loss when detecting background.

The final loss adds localization, confidence, and classification losses together.

Irrespective of the chosen image processing methodology, handling each pixel and conducting model training is a protracted and time-consuming endeavor. To address this issue, the parallel programming approach has emerged, enabling the execution of multiple operations concurrently. Through parallel programming, simultaneous operations can be conducted on each pixel, thereby abbreviating the training duration (Aydın et al., 2020). Processors and GPUs (Graphics Processing Units) employed in parallel programming have undergone significant advancements and have come to dominate this domain. The augmentation in GPU core numbers has rendered GPUs more advantageous than CPUs, as each core can process data simultaneously and in parallel with others. Consequently, the escalation in core numbers augments the number of processes. In this study, parallel programming is executed on the CUDA (Compute Unified Device Architecture) platform using the GPU of virtual computers on Google Colaboratory during the image processing phase.

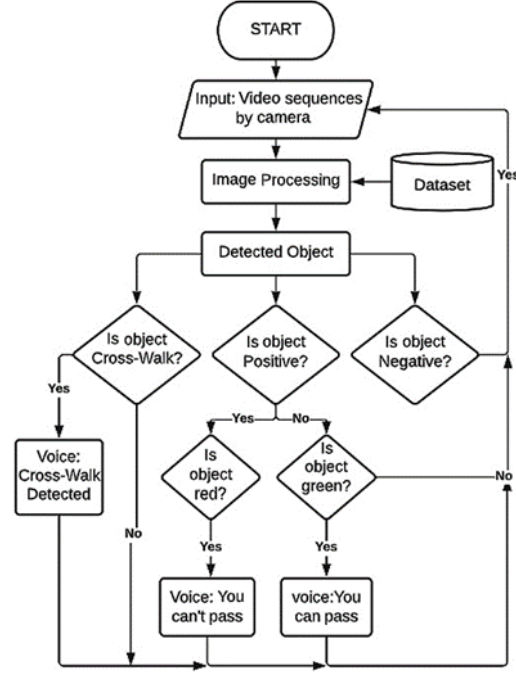


Figure 3. Flowchart of mobile application

3.4. Mobile Application

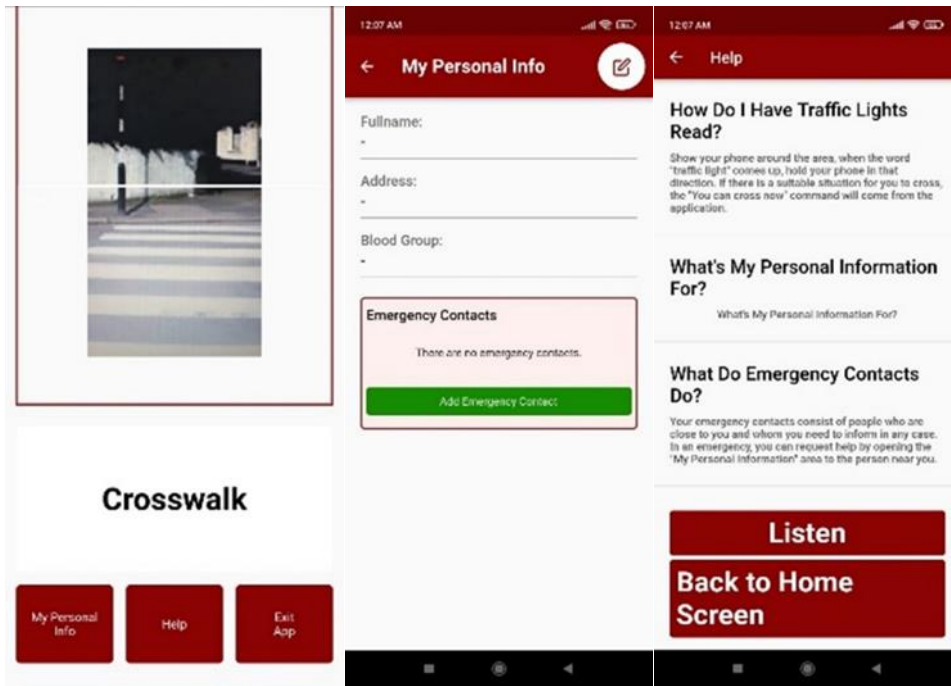
Figure 3 shows the flowchart of the mobile application. Upon opening the application, it initiates image capture from the rear camera, processes the incoming image through the filter of the trained model, and classifies real-time captures. This classification creates positive and negative classes to distinguish between pedestrian and vehicle traffic lights, thereby training the model accordingly. Consequently, only information regarding the green or red class of pedestrian traffic lights is extracted, and an audio description is generated. Users are then informed based on the classification outcomes.

The mobile application is developed using Flutter for Android (Kuzmin et al., 2020). The output weights files from the model training, saved as .weight and .cfg files, are converted into a .flite (TensorFlow Lite) file and utilized in the developed mobile application. The .flite file returns recognition and classification data from the real-time capture in a string expression, which is then parsed and employed in the relevant functions. This approach enables instant classification of captures from the camera and issuance of relevant commands to the user via audio prompts.



(a)

(b)



(c)

(d)

(e)

Figure 4. Mobile application screenshots. (a) Example of red light. (b) Example of green light. (c) Example of crosswalk. (d) Personal info page. (e) Help page

The objective is to design a mobile application that is ergonomically tailored for visually impaired individuals, taking into account their user experience. Upon launching the application, it establishes a connection with the camera and begins processing incoming images. If a red light is detected, a voice guide notifies the user, providing messages like "Red light, please wait" or "Please continue waiting" until the red light changes. When a green light is detected, the voice guide signals the user with "You can pass." Similarly, upon detecting a crosswalk, the voice

guide alerts the user with "Crosswalk is detected." Figure 4 displays screenshots of the application.

The text within the mobile application and its user guide are synchronized with the phone's voice description feature, ensuring ease of use even for individuals with complete visual impairment. Accordingly, the font sizes in the mobile application are adjusted to a level suitable for normal vision reading.

4. Results and Discussion

Figure 5 shows the percent accuracy obtained by testing the dataset on the trained model.

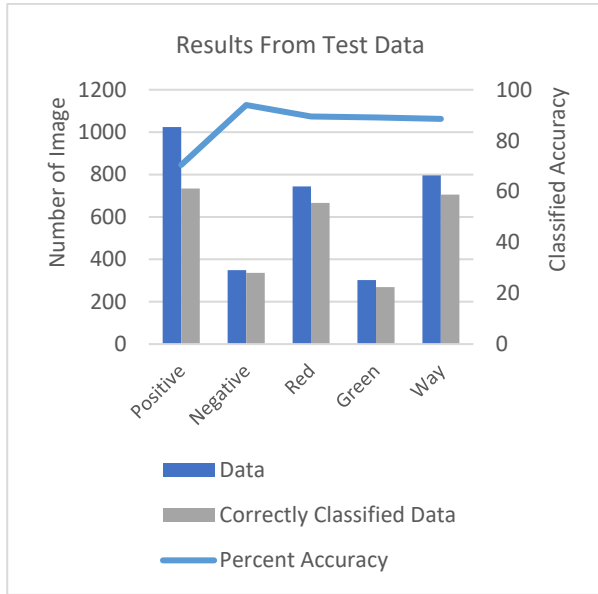


Figure 5. Results from test data

The highest accuracy, at 94%, is achieved in the negative class, while the lowest accuracy, at 70.4%, is observed in the positive class after testing each class. These two classes are ancillary to the primary focus of this study and are solely utilized for distinguishing between pedestrian and vehicle traffic lights. The main parameters of interest in this study—red, green, and crosswalk classes—demonstrate accuracies of 89.52%, 89.1%, and 88.57%, respectively. In Figure 5, the classes are defined as follows: Positive (Detected pedestrian traffic lights), Negative (Detected vehicle traffic lights), Red (Red light), Green (Green Light), and Crosswalk.

Figure 6 illustrates the loss chart of the trained model, indicating that the average loss value decreased to 0.20 by the end of the training process. To enhance accuracy ratios, the dataset can be updated and expanded for re-training the model, or the same dataset can be utilized for further training to achieve a lower average loss value. The utilization of the YOLOv2-Tiny algorithm version resulted in a slightly lower accuracy ratio in this mobile application. However, leveraging the Tiny version facilitated faster response times for real-time image processing. Opting for higher YOLO versions over YOLOv2 Tiny would enhance accuracy. Yet, for this study, YOLOv2 Tiny was chosen due to its compatibility with the Flutter SDK. Future studies may lean towards versions with higher accuracy using different mobile application development platforms.

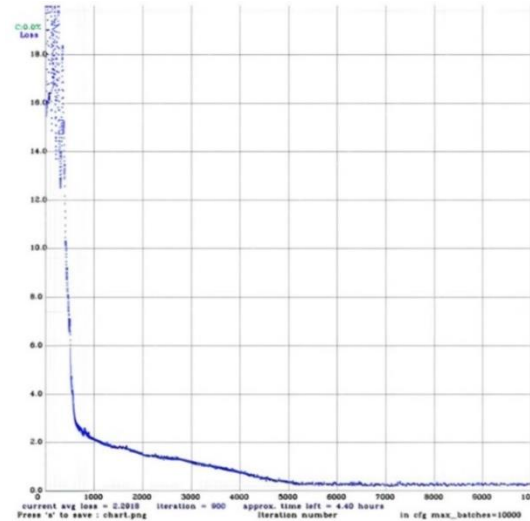


Figure 6. Loss chart



(a)

(b)



Figure 7. Test photos of the trained model. (a) Rainy day and long-distance example. (b) Insufficient lighting example. (c) Example of the negative class. (d) Close distance example.

The model's operational accuracy may decrease upon integration into a mobile application. Several factors contribute to this decline. Firstly, the quality of the captured image is crucial; clearer images yield more accurate results. Image clarity hinges on three primary factors: ambient lighting, camera quality, and weather conditions. Images taken in dimly lit environments tend to be less clear compared to those taken in adequately illuminated settings. Conversely, extremely sunny weather can alter image detection due to sunlight reflections. Camera quality directly affects image clarity. In this study, the mobile phone's positioning is also significant; it is recommended to hang or hold the phone around the user's chest, ensuring alignment between the user and the phone's direction. Accuracy might vary in heavy rain due to camera wetness or reduced visibility. Addressing such issues may involve developing filtering

methods tailored to different environmental conditions. Figure 7 displays the model's performance under various scenarios.

Table 2 presents a comparison between this study and previous ones. The comparison encompasses the platform, methodology, classified objects, and results obtained. Notably, unlike prior applications, our mobile application classifies both parameters (Pedestrian Crossing Lights and Zebra Crossing).

The Cross-Assist application stands out from others, as shown in the Table 2, because it is a mobile application with a high accuracy rate and the capability to identify both traffic lights and crosswalks. While models created using the CNN method demonstrate superior accuracy rates, they are typically run on a GPU unit rather than a mobile application, which is less ergonomic in practice.

Table 2. Comparison of studies

Article	Platform	Method	Detected Object	Results
Cross-Assist	Mobile App.	YOLOv2 Tiny	Pedestrian Crossing Lights	89% accuracy
			Zebra Crossing	89% accuracy
Li et al., 2020	Portable GPU Unit	CNN	Pedestrian Crossing Lights	94% accuracy
Shangguan et al., 2014	Mobile App.	Hough Transform	Zebra Crossing	90% accuracy
Cheng et al., 2018	Stable camera on glasses	SVM	Pedestrian Crossing Lights	74% recall, 98% precision
Cheng et al., 2017	Glasses	CNN	Zebra Crossing	60% recall, 85% precision
Yu et al., 2019	Wearable device	CNN	Pedestrian Crossing Lights	94% accuracy
Moura et al., 2022	N/A	CNN	Pedestrian Crossing Lights and Zebra Crossing	95% accuracy

The Cross-Assist application is also tested in a real world scenario with images taken from different distances on a 4-lane road with a 12 MP camera, both day and night. Table 3 shows the mean accuracies obtained from 14 meter, 7 meter and 3.5 meter away from the target traffic light and crosswalk. It can be seen from the table that results obtained during day time are higher than the night time. When the target to be classified is close the

application gives much higher recognition accuracies. This is because when the target to be recognized is far away, the camera perceives a wide perspective that includes many different contents. However, as the person approaches the traffic light and crosswalk, the application's target recognition accuracy increases to 90%, proving the reliability and accuracy of the application.

Table 3. Test results obtained from real-world

Class	Day			Night		
	14 m	7 m	3.5 m	14 m	7 m	3.5 m
Positive	%55	%75	%90	%50	%65	%85
Negative	%45	%65	%85	%35	%55	%75
Crosswalk	%45	%70	%85	%35	%60	%75
Red Light	%50	%75	%95	%40	%65	%90
Green Light	%45	%75	%90	%35	%65	%90

5. Conclusion

This study aims to create a mobile assistant to ease the lives of visually impaired people by a developed mobile application that provides real-time voice alerts about the status of crosswalks and traffic lights. The model in this study is trained with the YOLOv2-Tiny algorithm, known for its success in real-time image processing. The trained model is tried out with test data. In these trials, it was observed that the model works with 90% success accuracy. Training the model with a more extensive dataset, using higher YOLO versions, and thus using different mobile application development platforms would increase the accuracy. In this study, the mobile application is developed with Flutter. It was ergonomically designed considering the physical condition of the user.

A limitation of this study is that its operational accuracy is influenced by factors such as image quality, lighting, weather conditions, and the positioning of the mobile phone. Sharper images lead to more precise results, while images captured in poorly lit environments or under very bright sunlight can reduce success rates. In heavy rain, accuracy may be affected by camera wetness or diminished visibility. Additionally, camera quality and the placement of the mobile phone play a crucial role in performance.

With this mobile application, a visually impaired person will be protected from the danger of traffic, and their participation in social life will be made easier. This study, which began with the idea of "barrier-free living" as the

goal of today's modern world, brings that goal closer. In future studies, the user's address and directions can be added to the application using the phone's GPS feature.

6. Acknowledgments

This research is derived from the Bachelor's Thesis of the Department of Electrical and Electronics Engineering at Faculty of Technology, Gazi University.

Conflict of Interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

7. References

- Arora, A., Grover, A., Chugh, R., & Reka, S. S. (2019). Real-time multi-object detection for the blind using single shot multibox detector. *Wireless Personal Communications*, 107(1), 651-661. doi.org/10.1007/s11277-019-06604-5
- Ash, R., Ofri, D., Brokman, J., Friedman, I., & Moshe, Y. (2018). Real-time pedestrian traffic light detection. *2018 IEEE International Conference on the Science of Electrical Engineering in Israel (ICSEE)*. December 12-14, Eilat, Israel, 1-5. doi.org/10.1109/ICSEE.2018.8553696
- Aydin, S., Samet, R., & Bay, Ö. F. (2020). A survey on parallel image processing studies using CUDA platform in GPU programming. *Journal of Polytechnic*, 23(3), 737-754. doi.org/10.2339/politeknik.576835
- Chen, C., Min, H., Peng, Y., Yang, Y., & Wang, Z. (2022). An intelligent real-time object detection system on drones. *Applied Sciences*, 12(20), 10227.
- Cheng, C.-C., & Tsai, C.-C. (2024). A visually assistive guidance system for visually impaired pedestrians passing crosswalks. *2024 International Conference of Control Systems, and Robotics (CDSR 2024)*. June 10-12, Toronto, Canada, Paper No. 112. doi.org/10.11159/cdsr24.112
- Cheng, R., Wang, K., Yang, K., Long, N., & Hu, W. (2017). Crosswalk navigation for people with visual impairments on a wearable device. *Journal of Electronic Imaging*, 26(5), 053025. doi.org/10.1117/1.JEI.26.5.053025
- Cheng, R., Wang, K., Yang, K., Long, N., & Liu, D. (2018). Real-time pedestrian crossing lights detection algorithm for the visually impaired. *Multimedia Tools and Applications*, 77(16), 20651-20671. doi.org/10.1007/s11042-018-6181-8
- Dionisi, A., Sardini, E., & Serpelloni, M. (2012). Wearable object detection system for the blind. *2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings*. May 13-16, Graz, Austria, 1255-1258.
- Francies, M. L., Mohamed, M. A., & Mohamed, A. M. (2022). A robust multiclass 3D object recognition based on modern YOLO deep learning algorithms. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, e6517. doi.org/10.1002/cpe.6517
- Ghilardi, M. C., Simoes, G., Wehrmann, J., Manssour, I. H., & Barros, R. C. (2018). Real-time detection of pedestrian traffic lights for visually-impaired people. *2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. Jul 08-13, Rio de Janeiro, Brazil, 1-8. doi.org/10.1109/IJCNN.2018.8489628
- Huang, R., Pedoeem, J., & Chen, C. (2018). Yolo-Lite: A real-time object detection algorithm optimized for non-GPU computers. *2018 IEEE International Conference on Big Data*. December 10-13, Seattle, WA, USA, 2503-2510. doi.org/10.1109/BigData.2018.8622624
- Hwang, H., Kwon, S., Kim, Y., & Kim, D. (2024). Is it safe to cross? Interpretable Risk Assessment with GPT-4V for Safety-Aware Street Crossing. *arXiv*. 2402.06794v2. doi.org/10.48550/arXiv.2402.06794
- Kaggle (2022). Traffic Light Detection Dataset. Retrieved Jun 07, 2024, from <https://www.kaggle.com/datasets/wjybuqi/traffic-light-detection-dataset>.
- Kaggle (2020). Crosswalk-Dataset. Retrieved Jun 07, 2024, from <https://www.kaggle.com/datasets/davidsilvam/crosswalkdataset>.
- Khan, S., Rahmani, H., Shah, S. A. A., & Bennamoun, M. (2018). A guide to convolutional neural networks for computer vision. *Synthesis Lectures on Computer Vision*, 8(1), 1-207. doi.org/10.2200/S00839ED1V01Y201801COV014
- Kuriakose, B., Shrestha, R., & Sandnes, F. E. (2023). DeepNAVI: A deep learning based smartphone navigation assistant for people with visual impairments. *Expert Systems with Applications*, 212. doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118720.
- Kuzmin, N., Ignatiev, K., & Grafov, D. (2020). Experience of developing a mobile application using Flutter. In *Information Science and Applications*. (pp. 571-575). doi.org/10.1007/978-981-15-6204-3_58
- Li, X., Cui, H., Rizzo, J.-R., Wong, E., & Fang, Y. (2020). Cross-safe: A computer vision-based approach to make all intersection-related pedestrian signals accessible for the visually impaired. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*. (pp. 132-146). doi.org/10.1007/978-3-030-40549-3_15
- Li, Y., Li, J., & Meng, P. (2023). Attention-YOLOV4: A real-time and high-accurate traffic sign detection algorithm. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 7567-7582. doi.org/10.1007/s11042-022-12150-2
- Mahesh, T. Y., Parvathy, S. S., Thomas, S., Thomas, S. R., & Sebastian, T. (2021). Cicerone-A Real Time Object Detection for Visually Impaired People. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1085(1), 012006. doi.org/10.1088/1757-899X/1085/1/012006
- Moura, R. S., Sanches, S. R. R., Bugatti, P. H., & Saito, P. T. (2022). Pedestrian traffic lights and crosswalk identification. *Multimedia Tools and Applications*, 81, 16497-16513. doi.org/10.1007/s11042-021-11817-8
- Rajwani, R., Purswani, D., Kalinani, P., Ramchandani, D., & Dokare, I. (2018). Proposed system on object detection for visually impaired people. *International Journal of Information Technology*, 4(1), 1-6.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Jun 26-July 1, Las Vegas, USA, 779-788.
- Shangguan, L., Yang, Z., Zhou, Z., Zheng, X., Wu, C., & Liu, Y. (2014). Crossnavi: Enabling real-time crossroad navigation for the blind with commodity phones. *2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, Sep 13-17, Seattle, WA, USA, 787-798.
- Sinha, R. K., Pandey, R., & Pattnaik, R. (2018). Deep learning for computer vision tasks: A review. *arXiv preprint arXiv:1804.03928*.
- Son, H., & Weiland, J. (2022). Wearable system to guide crosswalk navigation for people with visual impairment. *Frontiers in Electronics*, 2, 790081. doi.org/10.3389/felct.2021.790081
- Srinivas, S., Sarvadevabhatla, R. K., Mopuri, K. R., Prabhu, N., Kruthiventhi, S. S. S., & Babu, R. V. (2016). A taxonomy of deep convolutional neural nets for computer vision. *Frontiers in Robotics and AI*, 2, 36. doi.org/10.3389/frobt.2015.00036
- Tosun, S., & Karaarslan, E. (2018). Real-time object detection application for visually impaired people: Third eye. *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, Sep 28-30, Malatya, Turkey, 1-6.
- Wang, Y., Mao, K., Chen, T., Yin, Y., Chen, G., & He, S. (2021). Accelerating real-time object detection in high-resolution video surveillance. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, e6307. doi.org/10.1002/cpe.6307.
- Wang, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2023). Artificial intelligence for visually impaired. *Displays*, 77, 102391. doi.org/10.1016/j.displa.2023.102391.
- Yu, S., Lee, H., & Kim, J. (2019). Lytnet: A convolutional neural network for real-time pedestrian traffic lights and zebra crossing recognition for the visually impaired. *International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns*, Sep 28-30, Salerno, Italy, 259-270.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Çörek Otu Üretimini Geliştirilmesi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri: Burdur İli Bucak İlçesi Örneği

Seyma ÖZER^{1*}, Hasan YILMAZ¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü-Isparta-Türkiye

*Sorumlu Yazar: ozer.seyma15@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 24/05/2024

Kabul tarihi: 20/10/2024

Anahtar Kelimeler: Bucak, Burdur, Çörek Otu, Geliştirme, SWOT, Üretim

DOI: 10.55979/tjse.1489349

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’de çörek otu üretiminde önemli bir yere sahip olan Burdur ili Bucak ilçesinde çörek otu üretiminin geliştirilmesi, sorunlar ve çözüm önerilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma bölgesinde çörek otu üretiminin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatların ortaya koyulması için SWOT analizi yöntemi kullanılmıştır. SWOT analizi sonuçlarına göre; araştırma bölgesinde çörek otu üretiminin en güçlü yönü, bölgenin agroekolojik yapısının ve klimatolojik faktörlerin çörek otu yetiştiriciliğine uygun ve işgücü talebinin az olmasıdır. En zayıf yönü, yabancı ot sorununun olması, yabancı otlar için çörek otuna yönelik ruhsatlı herbisitinin bulunmaması ve verimin düşük olmasıdır. Çörek otu üretimi için fırsatların, bölgenin iklim ve toprak yapısından kaynaklı içeriğindeki “timokinon” miktarı ve diğer değerlerin istenilen düzeyde olması ve alternatif tıpta kullanımının artmasıdır. Üretim tehditlerinin ise, üretimin hava koşullarına bağlı olarak yapılmasından dolayı kurak giden yıllarda verimin düşmesi, üretimin azalması ve fiyat istikrarızlığının yaşanmasıdır.

Development of Black Cumin Seed Production, Problems and Solution Suggestions: The Example of Bucak District of Burdur Province

ARTICLE INFO

Received: 24/05/2024

Accepted: 20/10/2024

Keywords: Bucak, Burdur, Black Cumin, Development, SWOT, Production

DOI: 10.55979/tjse.1489349

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine problems and solution suggestions and develop in black cumin production in the Bucak district of Burdur province which has an important place in black cumin production in Türkiye. It was used in SWOT analysis to reveal the strengths, weaknesses, threats and opportunities of black cumin production in the research region. According to the SWOT analysis results. The strongest aspect of black cumin production in the research region is that the agroecological structure and climatological factors of the region are suitable for black cumin cultivation and the labor demand is low. Its weakest aspects are that it has a weed problem, there is no registered herbicide for black cumin for weeds, and its low yield. Opportunities for black cumin production are that the amount of "thymoquinone" and other values in its content due to the climate and soil structure of the region are at the desired level and its use in alternative medicine is increasing. Production threats are that the decrease in productivity, decrease in production and price instability in dry years due to production depending on weather conditions.

1. Giriş

Türkiye tarımsal potansiyeli, coğrafi konumu, geniş yüzölçümü, iklimi gibi özellikleri bakımından tıbbi ve aromatik bitkiler üreticiliğinde elverişli bir yapıya sahip olup, tıbbi ve aromatik bitkiler bitkisel ilaç, gıda ve katkı maddeleri, bitki kimyasalları, kozmetik gibi çoğu sanayi alanında hammadde olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkiler çoğunlukla Akdeniz, Ege, Güneydoğu Anadolu, Doğu Karadeniz ve Marmara yetişmekte olup, daha çok doğadan toplanma yöntemiyle elde edilip pazarlanmaktadır (Bayram vd., 2010). Çörek otu (*Nigella Sativa* L.), Ranunculaceae familyasına ait olup günümüzde Doğu Akdeniz ülkeleri başta olmak üzere ülkelerin çoğunda yaygın olarak üretimi yapılan otsu tek yıllık bir bitkidir ve binlerce yıldır çeşitli kültürler ve medeniyetler tarafından kullanılmaktadır (Anshio & Teshome, 2018). Çörek otu, özellikle eski Güney Asya ve Kuzey Afrika’da en az 5 000 yıldır yetiştirilmektedir. Bugün Akdeniz havzasında, doğu ve

güney Avrupa’da, Hindistan, Pakistan, Suriye, Türkiye ve Suudi Arabistan’da da yetiştirilmektedir (Winnicki, 2018). Ülkemizde ise bölge olarak Akdeniz, Kuzey Anadolu ve Trakya’da yetiştirilmektedir (Çobaner, 2019). Türkiye’de *Nigella* türündeki 12 türdeki cinsi temsil etmektedir. Türkiye’de tarımı yapılmakta olan türü ise *Nigella Sativa* L.’dir. Bu türün tohumunun içeriğinde yağ uçuculuğu, acı madde gibi kimyasal bileşikler vardır (Bulca, 2014). Geleneksel tıpta bitkiler yüzyıllardır çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar, baharatlarda kanserli diyabetik, kardiyovasküler, pulmoer, nörolojik ve otoimmün hastalıklar dahil olmak üzere çeşitli hastalıkları önleyebilecek fitokimyasalların bulunduğunu göstermiştir (Aggarwal vd., 2008). *Nigella Sativa* yüzyıllardır geleneksel tıpta kullanılmaktadır. Tohumlarından ve yağından elde edilen ham yağ ve Timokinon (TQ), kanser, kardiyovasküler komplikasyonlar, diyabet, astım, böbrek hastalığı gibi birçok hastalığa karşı etkilidir (Khan vd., 2011). Ayrıca çörek otunun çoklu sistemik

dengeleyici, hipoglisemiyi iyileştirici özelliği de bulunmaktadır. Çörek otu üretimi ve işlenmesi ile ilgili olarak işleme (soğuk pres yöntemiyle çıkarılan tohumun yağı) kolaylığı, kuru tarım münavebe yöntemine uygunluğu, pazara olan talebinin artışı, diğer kuru tarım ürünlerinde kullanılan alet ve ekipmanların kullanılabilirliği avantajları dikkate alındığında karlı bir üretim yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Yılmaz vd., 2021). Çörek otu son yıllarda Türkiye’de hızla gelişim gösteren tarım ürünleri arasındadır ve çörek otunun yağı ise son zamanlarda ihracatta artış göstermiştir ve bu nedenle ayrı bir önem kazanmaktadır. Soğuk pres en çok tercih edilen tüketilme yöntemidir (Üstün, 2015).

Türkiye’de son yıllarda çörek otu üretim miktarı ve ekim alanı bakımından artış eğilimi göstermektedir. Türkiye’de çörek otu ekim alanı bakımından 2012 yılına göre 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 44.99 kat artarak 108 029 dekar ulaşmıştır. Aynı dönemde üretim miktarı 62.66 kat artarak 10 089 tona ulaşmıştır. Burdur ili 2022 yılında ekim alanı ve üretim bakımından 2. sırada yer almaktadır. Toplam ekim alanı içinde Burdur ilinin payı %18.12 iken (19 578 dekar), toplam üretim içindeki payı ise %17.81 (1 797 ton)’dir. Burdur ilinde 2013 yılına göre 2022 yılında çörek otu ekim alanı yaklaşık 1 957.80 kat artarken, üretim miktarı 1 797.00 kat artmıştır. 2022 yılında Burdur ili ilçeleri içinde ise ekim alanının %81.72’si ve üretim miktarının ise %79.86’sı Bucak ilçesinde gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024).

Tek yıllık olarak üretilen çörek otu, ekonomik ve ticari öneme de sahip olan bir üründür (Datta vd., 2012; Winnicki vd., 2018). Çörek otu üretimi karlılık ve maliyet analizi yapılan bazı araştırmalarda geleneksel olarak üretilen buğday, mercimek, arpa, susam ve nohut gibi tarla bitkileri ile karşılaştırmalar sonucunda çörek otunun oransal karlılık oranının diğerlerine göre yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan bir çalışmada kurak alanlarda geleneksel olarak yetiştirilen buğday, mercimek, arpa, susam ve nohut gibi tarla bitkilerine göre çörek otunun oransal karlılık oranının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Ukav vd., 2017).

Çörek otu üretiminde verimi arttırmak için yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları; ekim zamanı, gübreleme, yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi ve nadaştır (Baytöre, 2011). Bu çalışmalarda doğru gübrelemenin yapılması, üreticinin bilinçlendirilmesi, hasadın doğru şekilde yapılması, ürün bazında desteklemelerin artması ve pazar oluşturulması gibi üreticiyi destekleyen şartların oluşması halinde çörek otu üretiminin artacağı belirtilmektedir. Etiyopya’da yapılan bir çalışmada; baharat, yağ ve tohum olarak hem gıda tüketiminde hem de tıbbi madde olarak kullanılan çörek otu üretiminin artırılmasının bölge ekonomisine katkı sağladığı ortaya konmuştur (Anshiso & Teshome, 2018).

Çörek otu, kurak alanlarda alternatif ürün olması, nadas alanlarının daraltılması, rakip ürünlere göre nispi avantajının yüksek olması ile gelir artırıcı ve gelir çeşitlendirici özellikleri bakımından Burdur ili Bucak ilçesi için ekonomik ve ekolojik olarak önemli bir ürün

özelliği göstermektedir. Bölgede çörek otu yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hem ülke hem de bölge ekonomisi açısından önem arz etmektedir. Yapılan alan çalışmalarında çörek otu yetiştiriciliğinin teknik, ekonomik, yetiştiricilik, pazarlama ve destekleme sorunlarının olduğu gözlenmiştir. Bu sorunların belirlenmesi, bilimsel bir yaklaşımla ele alınması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi, çörek otu üretiminin geleceği açısından önemli bulunmuştur. Bu nedenle böyle bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu konuda yapılan ilk çalışma olması nedeniyle çalışmanın özgün değeri vardır.

Bu çalışmanın amacı, Bucak ilçesinde çörek otu üretimin mevcut durumunun değerlendirilmesi; teknik, ekonomik ve sosyal sorunlarının belirlenmesi, çörek otu üretiminin artırılması olanakları incelenerek çörek otu üretiminin artırılabilmesi için neler yapılması gerektiğine dair politika ve destekleme önerilerinin geliştirilmesi olarak belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilecek veriler ile çiftçilerin çörek otu üretimi konusunda doğru yönlendirilmelerine, uzun dönemde çörek otu yetiştiriciliğine ve üreticilere yönelik politikalar geliştirilmesine bilgi desteği sağlanmış olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın saha çalışması kapsamında, Burdur İli Bucak ilçesi Ziraat Odası kayıtlarından köy bazında çörek otu yetiştiriciliği yapan işletme ve çiftçi sayıları elde edilmiştir. Elde edilen bu listede toplam 257 çiftçinin 8 423 dekar alanda çörek otu üretimi yaptığı belirlenmiştir. Bu listelerden İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda; Bucak ilçesini sosyo-ekonomik açıdan temsil edebilecek yerleşim birimlerinde, anket çalışması yapılmasının ekonomik ve teknik açıdan mümkün olduğu belirlenmiş ve 4 köyde/mahallede (Atilla, Karaaliler, Karapınar, Kızılkaya) anket çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Tam sayım yöntemine göre bu dört köyde çörek otu üretimi yapan 124 çiftçinin tamamı ile anket yapılmasına karar verilmiştir. Bu dört köyde çörek otu üretimi yapan çiftçiler, toplam ilçe çiftçi sayısının %48.2’sini ve toplam çörek otu ekim alanının %57.3’ünü temsil etmektedir.

Bu kapsamda, araştırmanın ana materyalini Burdur ili Bucak ilçesinde (Şekil 1) çörek otu yetiştiriciliği yapan 124 çiftçi ile anket yöntemiyle elde edilen birincil veriler ve “yarı yapılandırılmış görüşme tekniği” ile sektör paydaşlarından elde edilen nitel veriler oluşturmaktadır.

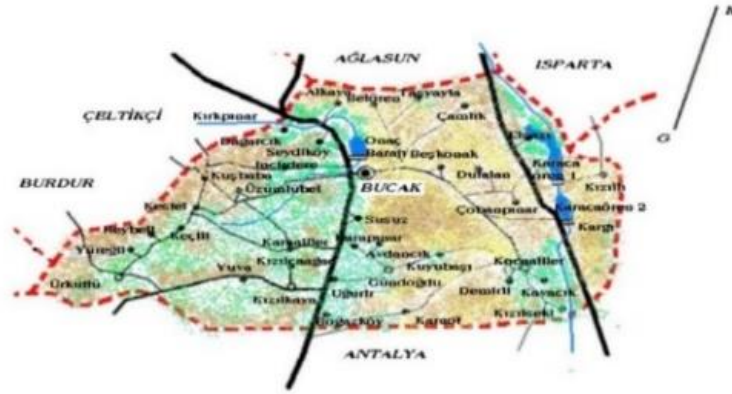
Çalışmada araştırma bölgesinde çörek otu üretiminin geliştirilmesi, sorunları ve çözüm önerilerine yönelik değerlendirmelerde bulunmak amacıyla, çörek otu üretimi ile ilgili araştırma bölgesinde yer alan paydaşlarla çörek otu biçerdövercileri (2 kişi), tüccarlar (2 kişi), elekçiler (1 kişi), çörek otu yağı çıkaran fabrika (1 tane), ziraat odası başkanı (1 kişi) ve ilçe tarım orman müdürü (1 kişi) ile yapılan nitel araştırma yöntemlerinden “yarı yapılandırılmış görüşme” tekniği ile elde edilen veriler SWOT analizinde kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ne tam yapılandırılmış görüşmeler kadar katı ne de yapılandırılmamış görüşmeler kadar esnek; iki uç arasında yer almaktadır. Araştırmacıya bu esnekliği

sağladığı için bu çalışmada yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır (Karasar, 1995). Görüşmeler ses kayıt cihazı ile kaydedilmiş ve daha sonra çözümlenmiştir.

Nicel verilerin analizinde, temel tanımlayıcı istatistikler, mutlak ve nispi dağılımlar, çapraz tablolar, basit ve tartılı ortalamalar hesaplanmıştır. Araştırma bölgesinde sektör paydaşları ile yapılan “yarı yapılandırılmış görüşme” tekniği ile elde edilen nitel veriler ise çörek otu üretiminin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatlarının ortaya konması için yapılan SWOT analizinde kullanılmıştır. SWOT analizinde güçlü yönler (strenghts) ve zayıf yönler (weaknesses) ile fırsatlar (opportunities) ve tehditleri (threats) analiz edilmektedir (Eser, 2009).

3. Bulgular ve Tartışma

Türkiye’de çörek otu ekim alanı ve üretim bakımından artış eğilimi göstermektedir. Türkiye’de illere göre çörek otu ekim alanı ve üretimi ile ilgili gelişmeler çizelge 1’de verilmiştir. 2022 yılında Türkiye’nin çörek otu ekim alanı 108 029 dekar olduğu görülmektedir. Burdur’da 2022 yılında 19 578 dekar alanda çörek otu ekilmiş olup, bin 797 ton çörek otu üretilmiş ve dekara verimi 92 kg olarak gerçekleşmiştir. Burdur ili Türkiye’deki toplam ekim alanının %18.12’sini, üretim miktarının ise %17.81’ini oluşturmaktadır. Bu nedenle Burdur’da çörek otunun bölge ekonomisine yapacağı katkılar önemlidir (Çizelge 1).



Şekil 1. Araştırma bölgesi
Figure 1. Research area

Çizelge 1. Türkiye’de illere göre çörek otu üretimi (TÜİK, 2024)

Table 1. Black cumin production by province in Türkiye (TÜİK, 2024)

İller	Ekilen Alan		Üretim Miktarı		Verim kg/da
	Dekar	Pay (%)	Ton	Pay (%)	
Uşak	33 350	30.87	3 510	34.79	105
Burdur	19 578	18.12	1 797	17.81	92
Kırıkkale	13 505	12.50	885	8.77	66
Çorum	10 483	9.70	966	9.57	92
Yozgat	4 944	4.58	374	3.71	76
Beş İl Toplamı	81 860	75.78	7 532	74.66	86
Diğer İller	26 169	24.22	2 557	25.34	-
Türkiye Toplam	108 029	100.00	10 089	100.00	101

Burdur ilinde ilçelere göre çörek otu ekim alanı, üretim miktarı ve verimdeki gelişmeler Çizelge 2’de verilmiştir. 2022 yılında Burdur’un ilçelerine göre çörek otu ekim alanı, üretim miktarı ve verime göre en fazla üretim Bucak ilçesinde gerçekleşmiş olup, ekim alanı 16 000

dekar, üretim miktarı 1 435 ton ve verimi 90 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Bucak ilçesi Burdur ilindeki toplam çörek otu ekim alanının %81.72’sini ve üretimin %79.86’sını oluşturmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Burdur ilinde ilçelere göre çörek otu üretimi (TÜİK, 2024)

Table 2. Black cumin production by districts in Burdur province (TÜİK, 2024)

İlçeler	Ekilen Alan		Üretim Miktarı		Verim kg/da
	Dekar	Pay (%)	Ton	Pay (%)	
Bucak	16 000	81.72	1 435	79.86	90
Göhlisar	1 300	6.64	117	6.51	90
Çeltikçi	865	4.42	87	4.84	101
Çavdır	400	2.04	40	2.23	100
Tefenni	321	1.64	31	1.73	97
Merkez	296	1.51	27	1.50	91
Karamanlı	205	1.05	27	1.50	132
Ağlasun	160	0.82	30	1.67	188
Kemer	24	0.12	2	0.11	83
Yeşilova	7	0.04	1	0.06	143
Burdur Toplam	19 578	100.00	1 797	100.00	92



Şekil 2. Araştırma bölgesinde çörek otu yetiştiriciliği
Figure 2. Black cumin cultivation in the research area

Çörek otu üretiminde bölge olarak farklılık göstermekle birlikte çörek otu sürümü aralık, ocak, şubat ayların herhangi birinde yapılmaktadır. Tohum ekimi hava şartları da göz önünde bulundurularak şubat ayı sonu mart ayı başı gibi yapılmaktadır. Gübre tohumla birlikte verilmektedir. Çörek otunun ekileceği tarlada eğer ot gözlenmiş ise ot ilaçlaması ekimden 20 gün sonra yapılmaktadır ancak yağmurun gözetlenmesi gerekmektedir. Mart, nisan aylarında yabancı ot mücadelesi el ile ya da çapalama yöntemiyle yapılmaktadır. Hasat işlemi ise temmuz ayının ikinci haftasında başlayarak temmuzun sonuna kadar tamamlanır. Hasat biçerdöver ile yapılmaktadır.

Çörek otu işletmelerinin sosyo-demografik özellikleri Çizelge 3' te verilmiştir. Araştırma bölgesinde çörek otu yetiştiriciliği yapan çiftçilerin yaşlarının ortalaması 58.42 yıl olarak bulunmuştur. Çörek otu üreticilerinin eğitim süresi ortalaması 7.73 yıl olarak hesaplanmıştır. Çörek otu üreticilerinin tarımsal deneyim süresi ise ortalama 36 yıl

olarak saptanmıştır. Üreticilerin çörek otu deneyim süresi ortalamasının ise 5.02 yıl olduğu tespit edilmiştir. Çörek otu üreticilerinin hane halkı kişi sayısı ortalaması 3.18 kişi olarak bulunmuştur. Hanede tarımda çalışan ortalama kişi sayısı 1.45 kişi olarak tespit edilmiştir. Çörek otundan elde edilen yıllık gelir ortalama 74.84 bin TL olarak hesaplanmıştır. İşlenen toplam arazi miktarı ortalaması ise 128.97 da olarak bulunmuştur. Yıllık çörek otundan elde edilen gelir, yıllık toplam elde edilen tarımsal gelirin %47.07'sini oluşturmaktadır. İşlenen toplam çörek otu ekim alanı ortalaması 44.64 da olarak bulunmuştur. Çörek otu ortalama verim 69.94 kg olarak bulunmuştur. Çörek otu ortalama satış fiyatı 20.08 TL olarak belirlenmiştir. Çörek otu üreticilerinin tamamının ziraat odasına ortak oldukları belirlenmiştir. Ziraat Odasına ortak olan çiftçilerin %41.94'ü Tarım Kredi Kooperatifine ortak iken, %1.61'i ise Şeker Pancarı Kooperatifine ortak oldukları saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. İncelenen çörek otu işletmelerinin ve çiftçilerin sosyo-demografik özellikleri

Table 3. Socio-demographic characteristics of the examined black cumin farms and farmers

Özellikler	Ort.	S.S.
Yaş	58.42	11.26
Eğitim (yıl)	7.73	3.62
Tarımsal Deneyim	36.00	13.86
Çörek Otu deneyimi	5.02	2.00
Hane Halkı Kişi Sayısı (Adet)	3.18	1.26
Hanede Tarımda Çalışan Kişi Sayısı	1.45	0.60
Yıllık Tarımsal Gelir (Bin TL)	158.99	326.83
Yıllık Çörek Otundan Elde Edilen Tarımsal Gelir (Bin TL)	74.84	147.07
İşlenen Toplam Arazi Miktarı (da)	128.97	149.50
İşlenen Toplam Çörek Otu Ekim Alanı(da)	44.64	66.96
Çörek Otu Ortalama Verim(kg)	69.94	13.98
Çörek Otu Satış Fiyatı (TL)	20.08	2.62
	N	%
Ziraat Odasına Üye Çiftçiler	124	100.00
Tarım Kredi Koop. Ortak Çiftçiler	52	41.94
Şeker Pancarı Koop. Ortak Çiftçiler	2	1.61

Çörek otu üretiminde üreticilerin yaşadığı sorunlar ve üreticilerin çörek otu üretimi ile ilgili düşüncelerine ilişkin veriler Çizelge 4'te verilmiştir. Çiftçilerin %66.94'ü depolama ile ilgili sorun yaşadığını ifade ederken, %66.94'ü çörek otu satışını gerçekleştirirken sorun yaşadığını, %87.90'ı hasat, depolama ve taşımada kullandıkları teknolojiler ile ilgili sorun yaşamadıklarını, %50.81'i alet ve makine temininde sorun yaşamadıklarını ifade etmişlerdir. Çiftçilerin tamamı tarımsal desteklemelerden faydalandıklarını belirtirken, yararlanılan tarımsal desteklemelerden çiftçilerin

%94.35'i yeterli bulmadığını belirtmişlerdir. Çiftçilerin %87.90'ı tarımsal üretimde sertifikaya sahip olmadığını, %98.30'u çörek otu üretiminde devletten beklentilerinin olduğunu, %54.03'ü tarımsal amaçlı yatırım yapmadığını, %68.55'i teknik bilgi almadığını, %72.58'i çörek otunu ilk sırada tercih ettiklerini ifade etmiş, çiftçilerin %69.35'i ise tarım dışı meslekle uğraşmadıklarını ifade etmişlerdir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Çörek otu üretiminde üreticilerin yaşadığı sorunlar ve düşünceleri
Table 4. Problems and thoughts of farmers in black cumin production

	N	%
Depolama ile ilgili sorun yaşama durumu		
Evet	83	66.94
Hayır	41	33.06
Üreticilerin çörek otu pazarlamasında sorun yaşama durumları		
Evet	83	66.94
Hayır	41	33.06
Üreticilerin hasat ile ilgili sorun yaşama durumları		
Evet	15	12.10
Hayır	109	87.90
Üreticilerin alet ve makinelerin temininde sorun yaşama durumları		
Evet	61	49.19
Hayır	63	50.81
Üreticilerin tarımsal desteklemelerden faydalanma durumları		
Evet	124	100.00
Hayır	0.00	0.00
Üreticiler yararlandıkları tarımsal desteklemeleri yeterli bulma durumu		
Evet	7	5.65
Hayır	117	94.35
Üreticilerin tarımsal üretim ile ilgili sertifikaya (tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliği, iyi tarım uygulaması, organik tarım vb.) sahip olma durumu		
Evet	15	12.10
Hayır	109	87.90
Üreticilerin çörek otu üretiminde devletten beklentileri var mı?		
Evet	122	98.39
Hayır	2	1.61
Üreticilerin tarımsal amaçlı yatırım yapma durumları		
Evet	57	45.97
Hayır	67	54.03
Üreticilerin teknik bilgi alma durumları		
Evet	39	31.45
Hayır	85	68.55
Üreticilerin çörek otu üretimini ilk sırada tercih etme durumları		
Evet	90	72.58
Hayır	34	27.42
Üreticilerin tarımsal faaliyet dışında gelir durumu		
Evet	86	69.35
Hayır	38	30.65

Araştırma bölgesinde üreticilerin çörek otu üretimi ile ilgili yaşadığı sorunların içerik analizi Çizelge 5'te verilmiştir. Üreticilerin yaşadığı üretim, depolama, pazarlama, Alet/makine temini, hasat ve taşıma sorunlarının alt başlıkları da incelenmiştir. Depolama ile ilgili yaşanan sorunlarda çiftçilerin %66.94'ü kurutma ile ilgili sorun yaşadığı, çörek otu pazarlamasında karşılaşılan sorunlarda çiftçilerin %58.06'sı pazar bulamama durumundan kaynaklı sorun yaşadığı, alet/makine ile ilgili yaşanan sorunlarda çiftçilerin %31.45'i üretim araçları maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı sorun yaşadığını belirtirken %58.78'si ise alet/makine ile ilgili sorun yaşamadığını belirtmiştir. Hasat ve taşımada ise çiftçilerin %87.90'ı gibi büyük bir kısmı sorun yaşamadığını belirtmiştir. Alet ve makine

temininde yaşadıkları sorunlarda çiftçilerin %37.90'ı desteklemelerin yetersiz veya destek olmamasından dolayı sorun yaşadığını belirtirken, %50.81'i ise sorun yaşamadığını belirtmiştir. Üretim aşamasında yaşadığı sorunlarda çiftçilerin tamamına yakın kısmı %99.19'u yabancı ot ile mücadelenin çok zor olmasından dolayı sorun yaşadıklarını belirtmiştir (Çizelge 5).

Uşak ilinde yapılmış olan bir çalışmada çörek otu üreticilerinin %32.88'i yabancı ot mücadelesi ile ilgili sorun yaşadıklarını, %30.14'ü pazarlama ile ilgili sorun yaşadıklarını, %28.77'si tarımsal desteklemelerin yetersiz olmasından dolayı sorun yaşadıklarını, %5.47'si diğer sorunların (biçerdöver kaybı vb.) olmasından kaynaklı sorun yaşadıklarını, %2.74'ü herhangi bir sorun

yaşamadıklarını belirtmişlerdir. Üreticilerin tamamı ise girdi maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir (Can, 2020). Çalışmalar karşılaştırıldığında yapılan bu çalışmada üreticilerin nerdeyse tamamı yabancı ot mücadelesi ile ilgili sorun yaşadığını, %58.06'sı pazar bulamama durumundan kaynaklı sorun yaşadığını, %37.90'ı tarımsal

desteklemelerin yetersiz/yok olmasından kaynaklı sorun yaşadığını, %56.45'i ise girdi maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklı sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. Buradan çörek otu üretimine yönelik ayrıca herhangi bir destekleme modelinin olmaması, yabancı ot mücadelesi için bir herbisitinin geliştirmemiş olması, pazarlama kanallarının yetersiz olması sonucuna ulaşılabilir.

Çizelge 5. Üreticilerin çörek otu üretimi ile ilgili yaşadığı sorunların analizi

Table 5. Analysis of the problems experienced by farmers regarding black cumin production

	N	%*
Depolama ile ilgili yaşanan sorunlar		
Kurutma ile ilgili	83	66.94
Depo alanının olmaması	18	14.51
Depo kira maliyetleri yüksek	5	4.03
Sorun yaşanmıyor	41	33.06
Çörek otu pazarlamasında karşılaşılan sorunlar		
Pazar bulamama durumu	72	58.06
Yeterli alıcının bulunmaması sorunu	51	41.13
Fiyat istikrarının olmaması	48	38.71
Tüccarla anlaşmazlık	6	4.84
Sorun yaşanmıyor	41	33.06
Alet/makine ile ilgili yaşanan sorunlar		
Üretim araçları maliyetlerinin yüksek olması	39	31.45
Teknolojik yetersizlik	10	8.16
Çörek otuna uygun alet makinenin olmaması	6	4.84
Alet/makineye ulaşamama sorunu	4	3.23
Sorun yaşanmıyor	73	58.87
Çiftçilerin hasat ve taşımada yaşadığı sorunlar		
Hasat makinesi kalibrasyon ayarının uygun yapılamaması	15	12.10
Kullanılan teknolojilerin maliyetleri yüksek	12	9.68
Alet makineye ulaşmada sıkıntıların yaşanması	3	2.42
Sorun yaşanmıyor	109	87.90
Çiftçilerin alet ve makin temininde yaşadıkları sorunlar		
Desteklemeler yetersiz/yok	47	37.90
Maliyet açısından yüksek	37	29.84
Sorun yaşanmıyor	63	50.81
Çiftçilerin üretim aşamasında yaşadığı sorunlar		
Yabancı ot ile mücadelesinin çok zor olması	123	99.19
Girdi maliyetlerinin yüksek olması	70	56.45

*Birden fazla cevap olduğu için oranlar toplamı 100'den fazla çıkmıştır.

Araştırma bölgesinde çörek otu üretiminin geliştirilmesi, sorunları ve çözüm önerilerine yönelik değerlendirmelerde bulunmak ve SWOT analizi yapmak amacıyla çörek otu üretimi ile ilgili paydaşlarla (çörek otu biçerdövercileri, tüccarlar, elekçiler (sorteks), çörek otu yağı çıkaran fabrika, aktarlar, ziraat odası başkanı ve ilçe tarım orman müdürü vb.) nitel araştırma yöntemlerinden "yarı yapılandırılmış görüşme" tekniği ile görüşme yapılmıştır. Görüşmeden elde edilen nitel veriler çözümlenerek çörek otu üretiminin güçlü ve zayıf yönleri ile tehdit ve fırsatları SWOT analizi ile ortaya konmuştur. Çörek otu yetiştiriciliğinde SWOT analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Araştırma bölgesinde çörek otu üretiminin en güçlü yönleri; bölgenin agroekolojik yapısının ve klimatolojik faktörlerin çörek otu

yetiştiriciliğine uygun, işgücü talebinin az, alternatif ürünlerle karşılaştırıldığı zaman üretimin karlı olması, hasadının kolay, tek yıllık olması ve münavebeye girmesidir.

Zayıf yönlerinin ise; yabancı ot sorunun olması, yabancı otlar için çörek otuna yönelik ruhsatlı herbisitinin bulunmaması, verimin düşük olması, sertifikalı tohum kullanılmaması, hasatta makine kalibrasyon ayarının yapılamaması, pazarlamada örgütlenmenin olmaması ve devlet desteklerinin yetersiz olmasıdır.

Çörek otu üretimi için fırsatlar ise; alternatif tıpta kullanımın artması, korona virüsüne karşı etkisi dünya basınında yer almasından dolayı öneminin artması, son yıllarda çörek otu tohumuna ve yağına olan tüketici

talebinin artmış olması, çörek otu ihracatının artmış olması, bölgede yapılan çörek otu yağ analiz rapor sonuçlarına göre bölgenin iklim ve toprak yapısından kaynaklı içeriğindeki “timokinon” miktarı ve diğer değerlerin istenilen düzeyde olması, iç ve dış pazarda talebin olması ve artacağı beklentisinin olmasıdır.

Çörek otu üretiminin tehditleri ise; üretimin hava koşullarına bağlı olarak yapılmasından dolayı kurak giden yıllarda verimin düşmesi, üretimin azalması, arz miktarındaki değişmeye bağlı olarak fiyat istikrarının sağlanamaması, yabancı ot sorunun olması ancak yabancı otlarla mücadele için ruhsatlı zirai ilaçların olmamasıdır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Araştırma bölgesinde çörek otu yetiştiriciliğinin SWOT analizi
Table 6. SWOT analysis of black cumin cultivation in the research region

<p>Güçlü Yönler (Strengths)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uygun ekolojik ve klimatolojik faktörlere sahip olması, • Agroekolojik yapının çörek otu yetiştiriciliğine uygun olması, • İşgücü talebinin az olması, • Hasadının kolay olması, • Çörek otu üretimi işleme tekniğinin gelişmesi • Tek yıllık olması ve münavebeye girmesi, • Alternatif ürün olarak diğer ürünlerle karşılaştırıldığı zaman üretimin karlı olması, • Geleneksel olarak yaygınlaşması yanı sıra ata tohumu olarak üretilen yerli ve milli tohumun toprak, iklim yapısıyla uyumu sonucu, analiz değerlerinin ortalama standartlarının üzerinde olması, • Hasat tekniğinin geliştirilmiş teknolojiye bağlı olarak yapılması, • Üretim metot ve tekniklerin yıllar itibariyle çiftçi tarafından öğrenilip benimsenmesi, • Mevcut makine parkının değerlendirilmesi açısından makineli tarımının yapılabilmesi, • Dünyada bitkisel kaynaklı ürünlere talebin artması, • Yerel kullanım alışkanlığının olması, • Tohum maliyetinin düşük olması 	<p>Zayıf Yönler (Weaknesses)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çörek otunun verimini etkileyen en büyük sorunun yabancı ot olması, • Zirai mücadele konusunda çörek otuna yönelik ruhsatlı herbisit bulunmaması, • Üretici bilinç düzeyinin yetersiz olması, • Bazı yıllarda yağışların istenilen düzeyde gitmemesi çörek otunun gelişme döneminde bitkinin etkin su alımının yetersiz olması durumunda verimde azalmaya gözlenmesi, • Çörek otu üreticilerinin çörek otu pazarlamasında bireysel olarak hareket etmeleri, • Sertifikalı tohum kullanılmaması ve verim düşüklüğü, • Tüccarın sayısının az olması, yurt içinde mamul ve yarı mamule dönüştürülmemesi, • Hasat sırasında kullanılan makinenin kalibrasyon ayarının yapılamaması, • Kooperatif veya benzeri bir yapının olmaması, • Sektörde marka oluşturulamaması, • Kırsal göç ve genç nüfusun azalması, • Uluslararası organizasyonlarda ürünün tanıtılmaması, • Devlet desteklemelerinin yetersiz olması, • Ürün işleme (mamul, yarı mamul) tarıma dayalı sanayi tesislerinin yetersiz olması
<p>Fırsatlar (Opportunities)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternatif tıpta vazgeçilmez olması, • Çörek otu tohumunun baharat olarak yiyeceklerde kullanılması, • Çörek otunun alternatif tıpta kullanılması ve son yıllarda korona virüsüne karşı etkisi dünya basınında yer almasından dolayı öneminin artması, • Son yıllarda çörek otu tohumuna ve yağına olan tüketici talebinin artmış olması, • Çörek otu ihracatının artmış olması, • Bölgenin çörek otu üretim merkezi konumunda olması, ham madde ihtiyacının en kolay şekilde temin edilmesi, bölgede çörek otu işleme ve yağ sıkım tesislerinin olması, bölgenin tarım sanayi bakımında gelişmesinde önemli faktördür, • Bölgede yapılan çörek otu yağ analiz rapor sonuçlarına göre bölgenin iklim ve toprak yapısından kaynaklı içeriğindeki “<i>timokinon</i>” miktarı ve diğer değerler istenilen düzeyde olması, • Dünya’da çörek otu üretimi yapan çok az sayıda ülke olmasından dolayı bölgenin üretim deseninde ilk sıralarda gelmesi, • İç ve dış pazarda talebin olması ve artacağı beklentisi 	<p>Tehditler (Threats)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arz miktarında artışların olması durumunda fiyat istikrarının sağlanamaması, • Üretim hava koşullarına bağlı olarak yapılması, üretim yılının çok kurak gitmesi durumunda verimin düşmesi ve üretimin azalması • Çörek otunda yabancı ot sorununun fazla olması ve ruhsatlı ilaç bulunmaması, • Fiyatlarda yıllar itibariyle dalgalanmaların yaşanması, • Çörek otu üretimine yeni giren üreticinin bilinç düzeyinin yetersizliği. • Pazarlama da örgütlenmenin olmaması, • Yurtdışı piyasaların düşük döviz kuruna bağlı olarak daha düşük fiyata ürün arz etmesi, • Güçlü ihracatçı ülkelerin varlığı

4. Sonuçlar ve Öneriler

Ülkemizde çörek otu üretimine ve işlenmesine yönelik yapılması beklenen yatırımların arz ve talep dengesi doğrultusunda değerlendirildiğinde arz yönünde ihtiyacın oldukça fazla seviyede olduğu görülmektedir. Yapılacak olan yatırımlar ile ülkemizin çörek otu ihtiyacı yerli üretimle karşılanacak ve daha da önemli olan ise ihtiyaç fazlası ürün ihracata konu olarak döviz girdisi sağlanacaktır.

Çörek otu pazarlamasında ve ihracatında en büyük problem içindeki ot tohumlarıdır. Çörek otunda en büyük problem yabancı ot sorunu olduğu için hasatla birlikte ot tohumları çörek otu tohumlarının içine karışmaktadır. Hasattan sonra çörek otuna eleme işlemi yapılması gerekmektedir.

Çörek otu bitkisi yurt içinde üretilen ürünler arasındadır. İç piyasadan tedariki konusunda gerekli olan çalışmalar yapıldıktan sonra, yurt dışından tedarik edilmesi konusunda pazarlama ve üretim planlamasının uygulanması bitkisel üretim potansiyelimizin geliştirilmesi bakımından önem arz etmektedir. Üretim ve ihracat potansiyeli dikkate alınır, pazarlama stratejisiyle birlikte Türkiye'nin dış pazarda küresel üstünlüğe sahip olması da söz konusu olacaktır.

Çörek otuna ruhsatlı bir herbisit olmadığı için çörek otu için ruhsatlı bir herbisit geliştirilmesi gerekmektedir.

Çörek otuna yönelik sertifikalı tohum kullanımı istenilen düzeyde değildir. Sertifikalı tohum kullanımının yararları yayımcılar tarafından üreticilere anlatılmalı ve bu konuya yönelik yayım çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Çörek otunun önemli hastalık ve zararlısı yoktur. Çörek otu üzerinde durulması gereken konu, üretim yönteminin organik veya iyi tarım uygulaması yöntemleriyle yapılmasıdır. Fakat bu yöntemlerin gerektirdiği şartlar çok kapsamlı olmasından ve maliyet açısından yüksek olmasından dolayı çiftçiler tercih etmemektedir. Çörek otu için organik tarıma ve iyi tarım uygulamasına uygun olan şartların daha esnek olması sağlanmalıdır.

Çörek otunda bir dekarda kullanılan tohum miktarı 1.5-2 kg arasındadır. Girdi olarak tohumla birlikte sadece taban gübresi kullanılmaktadır. Bölgede üretimi yapılan diğer ürünlerde kullanılan girdiler (tohum, gübre, tarım ilacı vb.) ile çörek otunda kullanılan girdiler karşılaştırıldığı zaman çörek otunda daha az girdi kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı araştırma bölgesinde çörek otu diğer ürünlere göre daha az masraflı ve karlı bir ürün olarak öne çıkmaktadır.

Çörek otunun pazarlama olanaklarının geliştirilmesi ve işlenmesi için bölgede ürüne yönelik işleme tesisleri kurulması gerekmektedir.

Bölgede çörek otuna yönelik sadece mazot ve gübre desteği verilmektedir. Birkaç üreticiye iyi tarım uygulaması desteği verilse de bu yeterli düzeyde değildir. Bölgede üretimin artırılması ve devamlılığın sağlanması

için çörek otuna yönelik farklı destekleme modelleri uygulanması gerekmektedir.

Bölgede çörek otunun verim değerleri çok düşüktür. Yüksek verimli ve kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için AR-GE çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde geliştirilmiş tescil edilmiş olan tek çörek otu çeşidi Çameli'dir. Ancak tek çeşit çörek otu ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmaktadır. Çörek otu ile ilgili yeni çeşitlerin geliştirilip tescillenmesi için AR-GE çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Çörek otunun en büyük ihracat pazarı olan çörek otu yağı için AB standartlarına uygun ambalajlama çalışmaları yapılmalı, çörek otu yağ ihracatının genişlemesi için, çörek otu yağ kalitesini artıran çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Bölgede üretimin artırılması ve devamlılığın sağlanması için çörek otuna yönelik üretim yönlendirmesine dayalı farklı destekleme modellerinin uygulanması gerekmektedir.

5. Teşekkür

Bucak çörek otu üreticilerine ulaşmamda yardımcı olduğu için Bucak Ziraat Odası Başkanlığına teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

HY: Danışman olarak çalışmanın tasarlanmasında, makalenin her aşamasında ve makalenin oluşturulmasında katkı sağlamıştır.

ŞÖ: Çalışmanın veri toplama, analizlerinin yapılması ve makalenin yazılmasında ve oluşturulmasında katkıda bulunmuştur.

6. Kaynaklar

- Aggarwal, B. B., Kunnumakkara, A. B., Harikumar, K. B., Tharakan, S. T., Sung, B., & Anand, P. (2008). Potential of spice-derived phytochemicals for cancer prevention. *Planta Medica*, 74(13), 1560-1569. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1074578>
- Anshiso, D., & Teshome, W. (2018). Economic value of black cumin (*Nigella sativa* L.) conservation at bale zone of oromia region, Ethiopia. *American Journal of Business*, 6(4), 104-109.
- Baytöre, F. (2011). *Bazı Çörekotu (Nigella Sativa L.) Populasyonlarının Verim ve Verim Kriterlerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S., & Telci, İ. (2010). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Artırılması Olanakları. *VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak, Bursa, 1-21.
- Bulca, S. (2014). Çörek otunun bileşenleri ve bu yağın ve diğer bazı uçucu yağların antioksidan olarak gıda teknolojisinde kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 29-36.
- Can, M. (2020). Çörek otu tarımında üretici davranışlarının belirlenmesi, sorunlar ve çözümler: Uşak ili örneği. *Araştırma Makalesi, Ziraat Mühendisliği*, (370), 18-33. <https://doi.org/10.33724/zm.744575>
- Çobaner, N. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler *Nigella Sativa* (Çörek Otu). Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Datta, A. K., Saha, A., Bhattacharya, A., Mandal, A., Paul, R., & Sengupta, S. (2012). Black cumin (*Nigella sativa* L.)—A review. *Journal of Plant Development Sciences*, 4(1), 1-43.
- Eser, H. Ş. (2009). *Türkiye’de Makarnalık Buğday Üretiminde Uygulanan Politikalar ve Makarna Sektörünün Üretici ve Tüketici Düzeyinde Analizi*. (Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karasar, N. (2016). Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler. Ankara: Nobel Akademi.
- Khan, Md., A., Chen, H., Tania, M., & Zhang, D. (2011). Anticancer Activities of *Nigella Sativa* (Black Cumin). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(5S), 226-232.
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Ukav, İ., İnan, M., & İnan, D. E. (2017). The Comparison of Profitability Analysis of Some Field Farming Products and Black Cumin (*Nigella sativa* L.) in Adiyaman conditions. *International Conference on Food and Agricultural Economics*. April 27-28, Alanya Alaaddin Keykubat University, Türkiye, 98-105.
- Üstün, Z. (2015). *Soğuk Pres Çörek Otu Tohumu Yağının Fizikokimyasal Özelliklerinin Korunması ve Katma Değerli Ürün Tasarımı*. (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Winnicki, T., Zuk-Golaszewska, K., & Bozek, K. S. (2018). The effects of agronomic factors on the economic efficiency of black cumin production. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 17(2), 101-109. <https://doi.org/10.37660/aspagr.2018.17.2.5>
- Yılmaz, H., Gokdogan, O., & Ozer, S. (2021). Energy use efficiency and economic analysis of black cumin production in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(10), 11395-11401.



Investigation of Thermal Insulation and Water Absorption Properties of *Cortaderia selloana* Short Fibers Reinforced Sustainable Composite Material

Murat Kodaloğlu^{1*}, Feyza Akarslan Kodaloğlu²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İş Sağlığı ve Güvenliği – Isparta-Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: muratkodaloglu@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 12/06/2024

Kabul tarihi: 18/09/2024

Keywords: Composite material, *Cortaderia selloana*, Sustainability, Thermal, Water absorption

DOI: 10.55979/tjse.1500381

ABSTRACT

Times In recent years, the use of cellulosic fiber reinforcements in polymer matrix composites has increased. In this study, composites were produced with fibers obtained from the *Cortaderia selloana* plant and the absorption and thermal properties of the obtained samples were investigated. Composite samples were produced by compression molding using a high-performance epoxy polymer matrix of short *Cortaderia selloana* (pampa grass) fibers of different densities. It is aimed to produce materials with improved absorption and thermal properties by producing composites with large amounts of fiber. Thermal properties and water absorption behaviors of *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy composites of different densities prepared using the compression molding technique were examined. The experiments were carried out by varying the composite density (50, 60, 70, 80, 90 and 100 kg/m³). In addition, the water absorption behavior was analyzed at different temperatures of 10°C to 40°C. *Cortaderia selloana* fiber reinforced composites with a density of 75 kg/m³ showed better thermal properties at 30°C. The water absorption rate was better at 40°C in *Cortaderia selloana* fiber reinforced composites with a density of 66.3 kg/m³. Additionally, by increasing the temperature, the water absorption rate of the composites also increases.

Cortaderia selloana Kısa Elyaf Takviyeli Sürdürülebilir Kompozit Malzemenin Isı Yalıtımı ve Su Emme Özelliklerinin İncelenmesi

ARTICLE INFO

Received: 12/06/2024

Accepted: 18/09/2024

Anahtar Kelimeler: Kompozit malzeme, *Cortaderia selloana*, Sürdürülebilirlik, Termal, Su emme

DOI: 10.55979/tjse.1500381

ÖZET

Son yıllarda polimer matrisli kompozitlerde selülozik lif takviyelerinin kullanımı artmıştır. Bu çalışmada, *Cortaderia selloana* bitkisinden elde edilen lifler ile kompozit üretilmiş ve elde edilen numunelerin absorpsiyon ve termal özellikleri araştırılmıştır. Farklı yoğunluklarda kısa *Cortaderia selloana* (pampa otu) elyafı yüksek performanslı epoksi polimer matrisi kullanılarak sıkıştırılmış kalıplama yoluyla kompozit numuneler üretilmiştir. Büyük miktarlarda elyaf ile kompozit üreterek absorpsiyon ve termal özellikleri geliştirilmiş malzeme üretilmesi amaçlanmıştır. Basınçlı kalıplama tekniği kullanılarak hazırlanan farklı yoğunlukta elde edilmiş *Cortaderia selloana* elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin termal özellikleri ve su emme davranışları incelenmiştir. Deneyler, kompozit yoğunluğu (50, 60, 70, 80, 90 ve 100 kg/m³) değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, su emme davranışı 10°C ila 40°C'lik farklı sıcaklıklarında analiz edilmiştir. Yoğunluğu 75 kg/m³ olan *Cortaderia selloana* elyaf takviyeli kompozitler 30°C'lik sıcaklıkta daha iyi termal özellikler göstermiştir. Yoğunluğu 66.3 kg/m³ olan, *Cortaderia selloana* elyafı güçlendirilmiş kompozitlerde 40°C'lik sıcaklıkta su emme oranı daha iyi çıkmıştır. Ayrıca, sıcaklığının artırılmasıyla kompozitlerin su emme oranı da artmaktadır.

1. Introduction

The use of cellulosic fiber reinforced polymer matrix composites has increased. Liquid absorption time is the time required for the absorbent material sample to be completely wetted by the test liquid, that is, the time required for a liquid to penetrate its internal structure under specified conditions. Liquid absorption capacity is the expression of the amount of liquid absorbed by a unit mass of the test absorbent, under specified conditions and after a specified time, as a percentage of the mass of the test absorbent.

Liquid transfer behavior of composite materials is important for the performance of a product during production processes and end use. In composite production, liquid absorption and thermal properties of the raw material used, composite formation technique and structural parameters must be taken into consideration. In

parallel with the developments in technology, the standards expected from the materials have increased and the expectations have increased. These expectations are related to the liquid absorption properties of the materials that make up the composite, therefore composites with different properties, especially functional materials, are studies aimed at changing the liquid absorption properties of the material from which they are produced (making it liquid absorbent or liquid repellent). For many technical textile fields, the development of which has increased rapidly in recent years, the liquid absorption properties of the products are an important factor affecting their performance. Technical textile products such as geotextiles and agrotexiles and packaging textiles in contact with the soil are expected to have liquid absorption or liquid repellency and breathability properties, depending on the area of use. In order to gain these features, the stated objectives can be achieved through production processes starting from raw materials.

In the absorption event, an interaction occurs between water molecules and the molecules in the structure of the fiber. Therefore, natural fibers with hydrophilic groups that interact with water (including regenerated fibers of natural origin) absorb liquid because they have molecules that can bond with water, while synthetic fibers interact with a very small amount of water. Since they have groups that can enter the liquid, their liquid absorption capacity is quite low. During the interaction between textile material and water, water primarily adheres to hydrophilic groups. Then, water molecules either attach to hydrophilic groups or form a new layer by attaching to previously bonded water molecules. Water molecules that bind directly to hydrophilic groups are tightly bound and their movements are limited. Indirectly bonded water molecules, whose molecular arrangements are more irregular, have a looser structure and move more easily. In the crystalline regions of textile materials, fiber molecules are tightly packed and ordered. Active groups formed cross-links between molecules. For this reason, it is not easy for water molecules to penetrate into the crystalline region, and some of the cross-links between active groups must be broken for water absorption. Water absorption of a material gives an idea about the ratio of crystalline and amorphous regions of the structure. Crystalline regions have the effect of mechanically preventing the penetration of water into the structure and reducing the number of hydroxyl groups suitable for bonding. As absorption increases, cross-links break and are replaced by water molecules. Depending on the resistance mechanism of the fiber structure against change, the breaking and re-formation of cross-links occurs in the form of a hysteresis, and this causes the formation of liquid absorption/desorption hysteresis. Although glucose and cellulose have chemically similar structures, their interactions with water are very different; While glucose dissolves in water, cellulose swells to a certain extent. Limit swelling is caused by the liquid penetrating into the amorphous parts of the structure or between the fibrils and not being able to enter the crystalline regions.

Ramesh et al. (2021) and various research studies have predicted the benefits of using natural fibers as reinforcement instead of artificial fibers in the production of composites (Ramesh et al., 2021). Compression molding method has been used to produce composites and they have been subjected to water absorption and mechanical property tests such as bending, tensile and impact tests. It has been observed that the water absorption and mechanical properties of the composites are at the same level as other natural fiber reinforced composites tested in past literature studies. In their studies, the mechanical properties, high water uptake or water solubility of PVA-based composites containing PVA mixture polymers with particles or fiber used as reinforcement materials were examined (Jain et al., 2017). Ajithram et al. (2022), they determined the fiber extraction methods from different types of water hyacinth plants and investigated the effects of each of these methods on the mechanical, absorption and morphological properties of water hyacinth fiber composites (Ajithram et al., 2022). In the study conducted

by Diaz et al. (2010), the sound absorption of reed panels was investigated and they found that reed panels provided the best absorption at high and medium frequencies. Showed that the composite material produced by utilizing cotton textile wastes such as stubble and landfill wastes such as sunflower stalks can be used as an insulation material by mixing it with sufficient epoxy (Binici et al., 2013). Investigated the acoustic properties of natural fiber reinforced composites in his article. The pulps produced using fibers obtained from the orange tree have been subjected to different processes. These pulps were used as reinforcement for a polypropylene matrix. The resulting composite materials were subjected to acoustic tests. Transmission losses were obtained and soundproofing properties were investigated (Reixach et al., 2015). Examined the acoustic properties of natural fibers in their research and determined that they have good sound insulation properties as a result of measurements made with natural fibers. As the thickness of the fibers increased, the sound insulation value in the low frequency range increased. Kenaf, Ijuk, coconut kernel and 2% alkaline treated palm oil were examined using the impedance tube test method to determine the sound absorption coefficients of natural fibers (Kaya & Dalgat, 2017). As a result, it has been stated that natural fibers can be a good alternative sound absorber compared to synthetic fibers (Yahya et al., 2017). In a study, it was determined that the sound absorption coefficient characteristic did not change with environmental conditioning, but the sample temperature caused a significant change in the sound absorption coefficient of the materials (Seçgin et al., 2017). A comparison of thermal insulation materials containing various agricultural wastes is presented. Three types of binders were used, along with wheat straw, rye straw, flax, oat straw, barley straw, rice straw and rice husk. It has been stated that the plates prepared with rye straw and flax and liquid glass as a binder have the best physical and mechanical properties due to the formation of the optimal composite structure (Bakatovich et al., 2018). In his study, chrome-tanned leather waste was added to natural rubber and styrene-butadiene rubber and their mixtures in various proportions. Thermal, rheological, mechanical and morphological effects of wastes were investigated. Various factors that affect acoustic performance are length, thinness, fiber type, thickness, density, orientation, compression level, volume fraction in the composite, and design (Şaşmaz et al., 2019). Details of various factors affecting the acoustic behavior of fiber-based composites are explained. Natural fiber-based composites exhibit relatively good sound absorption capacity. Acoustic, thermal and hygrothermal properties of panels made from leather waste were investigated (Hassan et al., 2021). Thermal conductivity values were measured in the range of 0.064-0.078 W/mK at 10 °C, depending on the composition and adhesive (Merli et al., 2023). Investigated the acoustic performance of MPP absorbers made of biodegradable natural fiber-reinforced composites using 3D printing. For biocomposite Micro Perforated Panel (MPP) types, Cork fiber-based MPP has been indicated to show significant promise for application as an acoustic improvement material, either independently

or in combination with Kenaf materials (Rezaieyan et al., 2024). Onyekachi & Iwuozor (2019), mechanical and water absorption properties of polyacrylic resin and a mixture of polyacrylic resin and barite (Onyekachi & Iwuozor, 2019).

Various properties of various cellulosic fibers and their composites have been extensively investigated in the literature. It has been determined that changes in fiber length and density ratios have a significant effect on the absorption and thermal properties of composites. In general, cellulosic fibers are more sensitive to moisture; Therefore, the water absorption behavior of composites obtained from cellulosic fibers was investigated and it was determined that such composites were products that could be used in humid environments. The effect of fiber density and temperature on water absorption depending on time was investigated. Due to the hydrophilic behavior of cellulosic fibers, the water uptake behavior of composites occurs. The increase in water absorption will affect the fiber-matrix interface, which causes the properties of the composites to decrease. At high temperatures, the permeability of water increases, thus causing microcracks to form at the fiber-matrix interface, which causes premature deterioration of the composite (Çeven et al., 2018).

In recent years, the use of cellulosic fiber reinforcements in polymer matrix composites has been increasing due to various factors such as environmental concerns and awareness (Kodaloğlu & Kodaloğlu, 2024a). In addition, cellulosic materials have a wide range of uses. Since natural fibers have many advantages for plant-based fibers with good potential for developing polymer matrix, fibers in fiber-reinforced composite materials offer properties such as biodegradability, renewability, wide availability, low density and low cost (Kodaloğlu & Akarslan Kodaloğlu, 2024b). Environmentally friendly fiber-reinforced composites lead to the search for a new type of natural fiber with desirable properties, so the *Cortaderia selloana* fiber-reinforced composite used in our study is lightweight and environmentally friendly. Developing new class of natural fiber composites, the strength of the fiber mainly depends on its chemical composition, matrix bonds and environmental factors.

When current applications are examined in the literature, composite material studies produced by adding *Cortaderia selloana* fibers are rarely encountered (Çeven & Günaydin, 2018a). The absorption and thermal insulation properties of the developed new *Cortaderia selloana* fiber-added composite materials were compared with each other and with their densities (Çeven & Günaydin, 2019). *Cortaderia selloana* fibers reinforced epoxy filler composites are seen to be used as high performance insulation materials for thermal insulation and waterproofing purposes (Çeven & Günaydin, 2018b). For this study, *Cortaderia selloana* grass was collected and the produced composite samples were subjected to various characterizations to examine their thermal and absorption properties.

2. Materials and Methods

Cortaderia selloana is a flowering plant commonly known as pampas grass. Cortaderia is a tall grass that can reach a height of 3 m and the leaves are silver gray in color. The plant *Cortaderia selloana* is shown in Figure 1.



Figure 1. *Cortaderia selloana* plant

Pampas grass collected from different regions around Lake Eğirdir was divided into small pieces to ensure homogeneity, then soaked in water, the fibers were separated by combing using a thin wire brush and dried in sunlight to remove moisture. *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy composite samples of different densities, prepared using the compression molding technique, were produced. The produced composite sample is shown in Figure 2.



Figure 2. Produced composite sample

3. Result and Discussion

3.1. Thermal conductivity coefficient measurement

Thermal conductivity is the rate of heat transfer at unit temperature difference from unit area through unit thickness of a material. Thermal conductivity was measured according to the international standard ASTM C518. The device consists of two plates, upper and lower, the temperature of the upper part of the plates is 40°C and the temperature of the lower part is 10°C. The sample is placed between these plates and measurements are taken. The hot plate touches the composite. *Cortaderia selloana* fiber reinforced composite samples maintained their form during pressing. Therefore, it has been observed that the density of the porous composite structure improves the heat conduction coefficient. The thermal conductivity coefficient measuring device is shown in Figure 3.



Figure 3. Thermal conductivity coefficient measuring device

Composite materials have a large amount of empty space, which traps a large amount of stagnant air. As a result of the much lower conductivity of still air, when comparing composites, the thermal insulation performance is determined by the air trapped in the gaps between the fibers as the density increases.

It can be said that the reason why the composite structure obtained in the study has a low conductivity coefficient is due to the structure becoming more dense as a result of pressing. Because the weight of the sample increased but its thickness remained constant as a result of pressing. Figure 4 shows the graph showing the change between Thermal conductivity coefficient (W/mK) and mean temperature and bulk density.

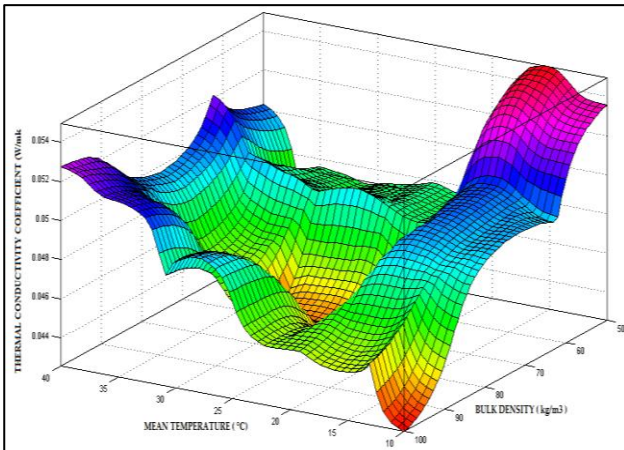


Figure 4. Graph showing thermal conductivity coefficient change

When examined in terms of density, considering the lowest transmission coefficient and the highest transmission coefficient values, the transmission coefficient at density 100 kg/m³ temperature at 40 °C is 0.0527 W/mK, density 50.7 kg/m³ temperature at 10 °C transmission coefficient is 0.0535. Between W/mK, *Cortaderia selloana* fiber reinforced composite samples appear to contribute to thermal insulation. Figure 5 shows

the relationship graph between Thermal conductivity coefficient (W/mK) and mean temperature.

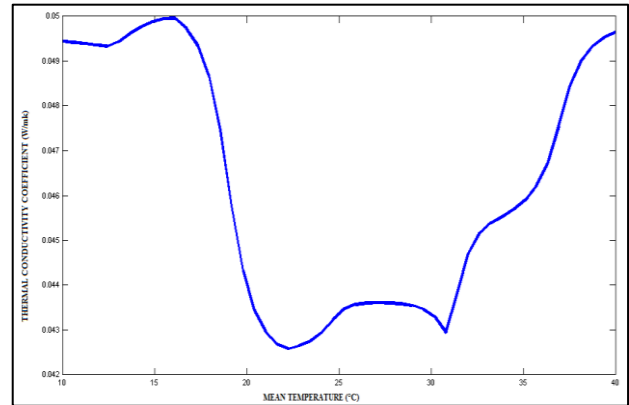


Figure 5. The relationship between thermal conductivity coefficient and mean temperature

When the relationship between thermal conductivity coefficient (W/mK) and mean temperature is examined, the conduction coefficient is 0.0475 W/mK when the density is 50 kg/m³ and the temperature is 22.1 °C, and the conduction coefficient is 0.0475 W/mK when the density is 50 kg/m³ and the temperature is 30.9 °C. 0.0472 W/mK, density 100 kg/m³, temperature 22.1 °C, thermal conduction coefficient 0.0456 W/mK, density 100 kg/m³, temperature 30.9 °C, conduction coefficient 0.0482 W/mK was found as.

It was observed that the composite material with 100% density showed better performance. In general, the denser the sample will have lower thermal resistance. The 75% density had lower thermal resistance than other densities and provided higher thermal insulation compared to composites made according to other densities. Figure 6 shows the graph showing the relationship between Thermal conductivity coefficient (W/mk) and bulk density (kg/m³).

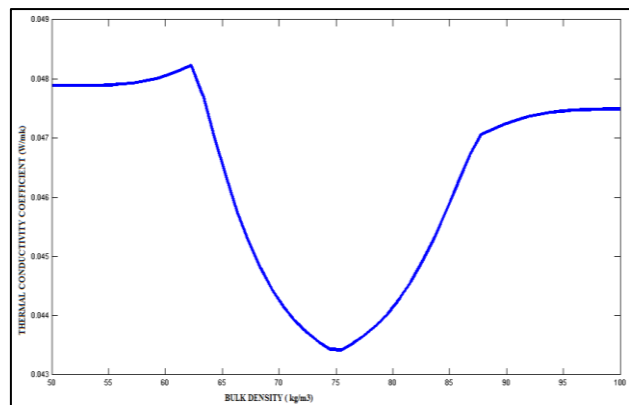


Figure 6. Graph showing the relationship between thermal conductivity coefficient and bulk density

When the relationship between thermal conductivity coefficient (W/mk) and bulk density (kg/m³) is examined, when the density is 75 kg/m³, the temperature is 10°C, the thermal conductivity coefficient is 0.0494 W/mK, the density is 75 kg/m³, the temperature is 40°C. The heat conduction coefficient reached 0.0496 W/mK. Among the

developed composites, the composite with a density of 75 kg/m³ had a higher thermal conduction coefficient value than the composite with a density of 50-70 kg/m³ and 80-100 kg/m³. Thermal conductivity coefficient was maximum at 40 °C temperature and 100 kg/m³ density, and reached its minimum value at 75 kg/m³ density. Thermal conductivity coefficient reached its optimal value at a density of 75 kg/m³.

3.2. Water absorption strength test of samples

Water absorbance is the amount of water absorbed by a given sample under certain conditions. Generally, the entry of water into polymer matrix composites is due to the penetration of water molecules into the capillaries. To determine the liquid absorption capacities (%) of epoxy composites, *Cortaderia selloana* natural fiber reinforced composite samples, with dimensions of 50 mm × 20 mm × 3 mm according to ASTM D570, were dried in a vacuum oven at 30 °C for 18 hours. The samples were kept in pure water at room temperature (20°C) and between 10 and 40°C, and weight changes were determined periodically every hour for a total of 10 hours. To remove water on the film surface during weighing, the samples were kept on the blotting paper for a short period of a few seconds. With periodic measurements, the liquid uptake behavior of the films was examined. Absorption capacity was calculated as a percentage of the difference between wet and dry weights at the end of the period and the ratio of dry weight. Measurements were performed in triplicate for each sample. Figure 7 shows the water absorption behavior of *Cortaderia selloana* fibre-reinforced composite samples.

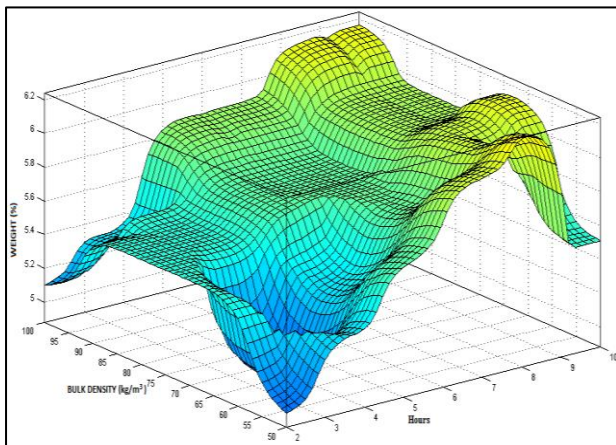


Figure 7. Water absorption behavior of composite samples

When the density value was 50 kg/m³, after 10 hours the sample weight percentage increased by 5.51%, and when the density value was 100 kg/m³, after 10 hours the sample weight percentage increased by 6.17% and reached the saturation level, which indicates that the water absorption value of *Cortaderia selloana* composites is low. It has been observed that the composites have a hydrophobic structure due to this low

water absorption property of *Cortaderia selloana* fiber. Figure 8 shows the connection chart between weight (%) and hours.

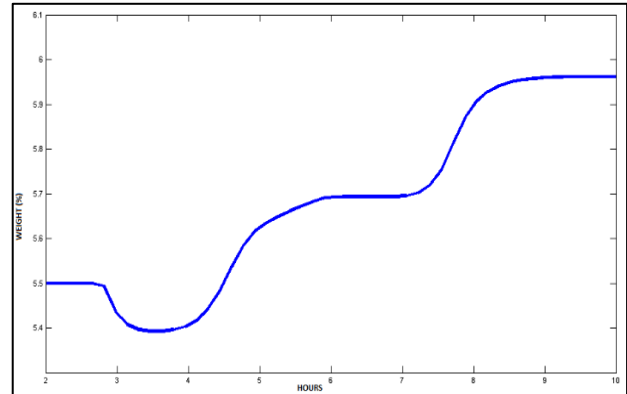


Figure 8. The connection between weight (%) and hours

When the connection between weight (%) and hours is examined, while the density value was 50 kg/m³, the sample weight percentage increased by 5.3% after 3.30 hours. When the density value was 100 kg/m³, the sample weight percentage increased by 5.31% after 3.30 hours. The final weight percentage of the composite sample of *Cortaderia selloana* fiber reached saturation after 10 hours was 6.10%. Figure 9 shows the graph showing the relationship between weight (%) and bulk density.

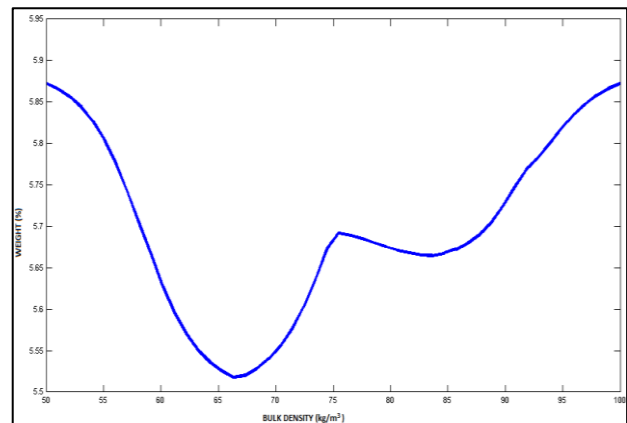


Figure 9. Relationship between weight (%) and bulk density

In the water absorption test for composites, water absorption increased with increasing fiber density, depending on the changes in fiber density and soaking times in water. Water absorption rate increased in 10 hours. Regardless of the fiber density fraction, it showed a very low water absorption rate for all periods due to the hydrophobic epoxy.

At points where *Cortaderia selloana* fibrous composites rapidly reach saturation, water is absorbed at a density of 66 kg/m³ and in relatively small amounts (5.54%). When the connection between weight (%) and bulk density (kg/m³) was examined, while the density value was 66.3 kg/m³, the sample weight percentage increased by 5.52% after 10 hours.

Due to the hydrophobic structure of epoxy resin and *Cortaderia selloana* fibers, the water absorption rate of the composites is low. Similar water absorption tendency was observed in all temperature ranges, but the water absorption rate increased with increasing bath temperature. The increase in temperature and the spreading phenomenon resulting in the formation of microcracks at the interface caused an increase in the water absorption rate in the fiber and matrix region.

4. Conclusions

In this study, the thermal properties and water absorption properties of *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy polymer matrix composites were investigated. *Cortaderia selloana* composite has the advantage of replacing synthetic fibers in structural applications due to its water absorption properties. At 40°C, the water absorption value of *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy polymer matrix composites increases up to 6.14%. Since *Cortaderia selloana* has a rough outer surface, it can be used as a potential natural fiber in environmentally friendly composites.

It was observed that *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy polymer matrix composites showed better thermal performance at a density value of 100 kg/m³. In general, the denser sample will have a lower thermal conduction coefficient. However, the thermal conduction coefficient value of *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy polymer matrix composites with a density of 75 kg/m³ provides better thermal insulation than the composite with a density of 100 kg/m³. *Cortaderia selloana* fiber reinforced epoxy polymer matrix composites with a density of 66 kg/m³ have the highest water absorption resistance value compared to the composite with a density of 100 kg/m³.

Environmental awareness directs producers and consumers to biocompatible and recyclable products, focusing on the production and consumption of nature-based biodegradable products. *Cortaderia selloana* fibers have a minimum water absorption rate due to their shorter length, lower density and low hydrophilicity, and composite products that provide high thermal insulation are obtained.

Conflict of Interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

5. References

Ajithram, A., Winowlin Jappes, J. T., Siva, I., & Brintha, N. C. (2022). Influence of extraction methods on mechanical, absorption and morphological properties of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) natural fibre composites: Environmental threat to successive commercial products. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: *Journal of Materials: Design and Applications*, 236(8), 1614-1622.

Bakatovich, A., Davydenko, N., & Gaspar, F. (2018). Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste. *Energy and Buildings*, 180, 72-82.

Binici, H., Eken, M., Kara, M., & Dolaz, M. (2013). An environment-friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibers. In *2013 International conference on renewable energy research and applications (ICRERA)* (pp. 833-846).

Çeven, E. K., & Günaydin, K. G. (2018a). Investigation of moisture management and air permeability properties of fabrics with linen and linen-polyester blend yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4(130), 39-47.

Çeven, E. K., & Günaydin, K. G. (2019). Investigation of some mechanical and air permeability properties of shirting fabrics produced from compact yarns made of natural and synthetic fibres. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2), 445-460.

Çeven, E. K., & Günaydin, K. G. (2018b). Investigation of selected physical properties of knitted fabrics produced from macaroni yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 26(130) 59-66.

Çeven, E. K., Eren, H. A., Karakan Günaydin, G., Sevim, Ö., & Şan, C. (2018). Effect of washing cycle on tenacity and stretching properties of denim fabrics containing elastane. *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, 2(5), 1-5.

Díaz, C., Jiménez, M., Navacerrada, M. A., & Pedrero, A. (2012). Acoustic properties of reed panels. *Materiales de Construcción*, 62(305), 55-66.

Hassan, T., Jamshaid, H., Mishra, R., Khan, M. Q., Petru, M., Tichy, M., & Muller, M. (2021). Factors affecting acoustic properties of natural-fiber-based materials and composites: a review. *Textiles*, 1(1), 55-85.

Jain, N., Singh, V. K., & Chauhan, S. (2017). A review on mechanical and water absorption properties of polyvinyl alcohol based composites/films. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 26(5-6), 213-222.

Kaya, A. İ., & Dalgar, T. (2017). Ses yalıtımı açısından doğal liflerin akustik özellikleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(Özel), 25-37.

Kodalöglü, M., & Akarşlan Kodalöglü, F. (2024a). Mechanical properties of natural fibre-reinforced sustainable epoxy composites. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 1-7.

Kodalöglü, M., & Kodalöglü, A. F. (2024b). Environmentally friendly recycled leather reinforced composite: thermal and acoustic properties. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14(2), 29-34.

Merli, F., Fiorini, C. V., Barbanera, M., Pietroni, G., Spaccini, F., & Buratti, C. (2023). Thermal, acoustic, and hygrothermal properties of recycled bovine leather cutting waste-based panels with different compositions. *Sustainability*, 15(3), 1779.

Onyekachi, O. E., & Iwuozor, K. O. (2019). Mechanical and water absorption properties of polymeric compounds. *American Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 3(2), 36-46.

Ramesh, M., Deepa, C., Selvan, M. T., Rajeshkumar, L., Balaji, D., & Bhuvanewari, V. (2021). Mechanical and water absorption properties of Calotropis gigantea plant fibers reinforced polymer composites. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3367-3372.

Reixach, R., Del Rey, R., Alba, J., Arbat, G., Espinach, F. X., & Mutjé, P. (2015). Acoustic properties of agroforestry waste orange pruning fibers reinforced polypropylene composites as an alternative to laminated gypsum boards. *Construction and Building Materials*, 77, 124-129.

Rezaieyan, E., Taban, E., Berardi, U., Mortazavi, S. B., Faridan, M., & Mahmoudi, E. (2024). Acoustic properties of natural fiber reinforced composite micro-perforated panel (NFRC-MPP) made from cork fiber and polylactic acid (PLA) using 3D printing. *Journal of Building Engineering*, 108491.

Şaşmaz, S., Karaağaç, B., & Uyanık, N. (2019). Utilization of chrome-tanned leather wastes in natural rubber and styrene-butadiene rubber blends. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(1), 166-175.

Seçgin, A., İhtiyaroğlu, Y., Kara, M., & Ozankan, A. (2017). Akustik yalıtım malzemelerinin ses yutma katsayılarının farklı sıcaklık koşulları altındaki değişiminin deneysel olarak incelenmesi. *18. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu*, 317(324), 1-11.

Simoni, R. C., Lemes, G. F., Fialho, S., Gonçalves, O. H., Gozzo, A. M., Chiaradia, V., ... & Leimann, F. V. (2017). Effect of drying method on mechanical, thermal and water absorption properties of

enzymatically crosslinked gelatin hydrogels. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89, 745-755.

Yahya, M. N., Sambu, M., Latif, H. A., & Junaid, T. M. (2017). A study of acoustics performance on natural fibre composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 226(1), 012013.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Isparta Ekolojik Koşullarında Farklı Azotlu Gübre ve Doz Uygulamalarının Cin Mısırında Bazı Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi

Kürşat Bucak¹, İlknur Akgün^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar: ilknurakgun@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 08/07/2024

Kabul tarihi: 23/09/2024

Anahtar Kelimeler: Azot dozu, Cin Mısır, Verim, Yavaş salımlı azotlu gübre

DOI: 10.55979/tjse.1512449

ÖZET

Bu çalışmada, farklı azotlu gübre çeşidi [Nitropower 33, Novatec 32 (yavaş salımlı gübre)] ve azot dozunun [0, 8, 12, 16, 20 kg/da N], cin mısırı çeşitlerinde (PC912, SH3077) verim ve verim öğeleri üzerine etkisi incelenmiştir. İki yıllık (2021 ve 2022) araştırma sonuçlarına göre; çeşitlerde tepe püskülü çıkış süresi 66.67-79.67 gün, koçan püskülü çıkış süresi 73.33-85.67 gün, koçan uzunluğu 13.00-21.33 cm, koçanda sıra sayısı 13.89-17.76 adet, koçanda tane sayısı 376.55-718.73 adet, bitkide koçan sayısı 1.00-1.80 adet arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda, incelenen özellikler üzerine çeşidin ve azot dozlarının istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu belirlenmiş, ancak bu etki yıllara göre değişkenlik göstermiştir. Tane verimi ise PC912 çeşidinde 362.67-951.22 kg/da, SH3077 çeşidinde 348.08-924.25 kg/da arasında değişmiştir. Yavaş salımlı Novatec gübre uygulamasının cin mısırında verim ve verim öğeleri üzerinde önemli artış sağladığı (tane verimi: birinci yıl %7.97, ikinci yıl %10.7 oranında artmıştır) ve her iki cin mısırı çeşidinin de Isparta ekolojik koşullarında yetişirebileceği belirlenmiştir.

The Effect of Different Nitrogen Fertilizer and Dose Applications on Some Yield and Yield Components of Popcorn under Isparta Ecological Conditions

ARTICLE INFO

Received: 08/07/2024

Accepted: 23/09/2024

Keywords: Nitrogen dose, Popcorn, Yield, Slow-release nitrogen fertilizer

DOI: 10.55979/tjse.1512449

ABSTRACT

In this study, the effect of different nitrogen fertilizer types [Nitropower 33, Novatec 32 (slow-release fertilizer)] and nitrogen doses [0, 8, 12, 16, 20 kg/da N] on yield and yield components of popcorn varieties (PC912, SH3077) were investigated. According to the results of the two-year (2021 and 2022) research, in cultivars, the tassel emergence period varied between 66.67-79.67 days, the silk emergence period varied between 73.33-85.67 days, ear length varied between 13.00-21.33 cm, number of rows in ear varied between 13.89-17.76, number of grains in ear varied between 376.55-718.73 and number of ears per plant varied between 1.00-1.80. As a result of the research, it was determined that the variety and nitrogen doses had a statistically significant effect on the examined characters, but this effect varied according to years. Grain yield varied between 362.67-951.22 kg/da in PC912 variety and 348.08-924.25 kg/da in SH3077 variety. It was determined that slow-release Novatec fertilizer application provided a significant increase in yield and yield components of popcorn (grain yield: 7.97% increase in the first year and 10.7% increase in the second year), and both popcorn varieties can be grown under Isparta ecological conditions.

1. Giriş

Cin mısırı (*Zea mays everta* Sturt.) insan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmakta ve "patlak mısır" olarak da tanımlanmaktadır. Mısır tanelerine ısı uygulandığı zaman, tane bünyesinde bulunan su buharlaşır ve nişasta taneciklerinin içerisine geçer ve belirli bir basınca ulaştıktan sonra kabuk parçalanır, böylece mısır tanesi patlayarak açılır (Hoseney vd., 1983).

Cin mısır içerdiği vitamin ve mineraller nedeniyle beslenme açısından tercih edilen bir gıda maddesidir (Ülger, 1998). Cin mısırının ekiliş ve üretimi ülkemizde yaygın olmadığından, ekiliş alanı ile ilgili herhangi bir istatistiğe rastlanmamış olup, ülkemizde cin mısır ekim alanı yaklaşık olarak 8-10 bin ha olduğu tahmin edilmektedir (Öztürk & Sade, 2014). Daha önceki yıllarda cin mısır tarımının yoğun olarak Ege ve Akdeniz bölgelerinde yapılmasına rağmen, son birkaç yılda cin mısır tarımı yapılan iller sıralaması değişmiştir.

Ülkemizdeki üretimin yaklaşık yarısı, Kahramanmaraş-Elbistan'da, geri kalan üretimin ise büyük çoğunluğu Çukurova (Adana-Mersin), Ege (Aydın, Denizli), Kayseri, Konya, Karaman, Kırşehir illerinde yapıldığı tespit edilmiştir (Öztürk & Sade, 2014).

Mısır bitkisinin birim alanda kısa sürede ürettiği kuru madde miktarı, küçük taneli hububatlarla göre fazla olduğundan, topraktan daha fazla miktarda N, P ve K almaktadır. Bu nedenle, mısır gübrelemesinde ilk sırayı azot elementi almaktadır. Bitkinin azottan yararlanmasını toprak tekstürü, toprak nemi, toprak profilinden yıkanması, organik madde içeriği, diğer bitki besin elementlerinin topraktaki düzeyleri etkilemektedir. Azotlu gübreler, bitkisel üretimi artırıcı en önemli girdi olarak kullanılması yanı sıra, fazla kullanımının da çevre ve özellikle de su kirlenmesinde etkili olduğu güncel bir konu olarak araştırılmaktadır. Azotlu gübrelerin çevreyi ve içme suyunu kirleterek potansiyel toksik etki oluşturmalarının nedenleri; uygulanan azotlu gübrenin

formu, bitkiler tarafından kullanılan azotun etkinliği, su kaynaklarının kendi hareket ve yapıları, toprakların su kaynakları ile olan ilişkileri ve yöresel iklim koşulları ile sulama yöntemleridir. Azot yıkanmasını azaltmak için gübre uygulamaları ve sulama zamanlamalarını, sıklıklarını ve dozlarını bitki gelişim dönemlerine ve toprağın hidrolik özelliklerine bağlı olarak önceden planlamak gerekmektedir (Ünlü vd., 1999). Toprak bitki sisteminde azot kayıpları nitrifikasyon, denitrifikasyon, yüzey akışı, buharlaşma ve kök bölgesi altına inerek yıkanma şeklinde olmaktadır. Artan dünya nüfusunu yeterince besleyecek düzeyde bitkisel üretim yapmak için gerekli azotlu gübre miktarını ve bu gübrelerin çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri azaltmanın yolu azot alım etkinliğinin artırılmasından geçmektedir (Karaşahin, 2014).

Yavaş salımlı uzun süre etkili gübrelerin geliştirilmesi ile yıkanma ve buharlaşma ile meydana gelen gübre kayıpları azalacak ve ekimle birlikte uygulanan gübrelerin tohumu verdiği zararlar azalacaktır. Böylece gübre alım etkinliği artmış olacaktır. Mısır bitkisinde erken gelişme döneminde yeterli gübreleme yapılmazsa gübre alım ve kullanım etkinliğinin düştüğü bildirilmiştir. Mısırın olgunlaşma döneminde bitki tarafından alınan toplam azotun %73'ü tanede birikmektedir. Tanede biriken azotun yarısı ise yaprak ve saplardan taşınmaktadır. Bu nedenle gelişme dönemi başlarında yetersiz azot uygulaması verimi ve azot alım etkinliğini oldukça sınırlayacaktır (Plenet & Lemaire, 2000). Bu çalışmada farklı azotlu gübre form [Nitropower 33 ve Novatec 32 (yavaş salımlı gübre)] ve dozlarının cin mısırı çeşitlerinde tane verimi ve verim öğeleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma, Isparta ekolojik koşullarında 2021 ve 2022 yıllarında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülmüştür. Denemede 2 farklı cin mısır çeşidi (PC912 ve SH3077), 2 farklı N kaynağı içeren gübre [Nitropower 33 ve Novatec 32 (yavaş salımlı gübre)] ve bu gübrelerin 5 farklı dozu [0 (kontrol), 8, 12, 16, 20 kg/da N] uygulanmış olup fosfor kaynağı olarak TSP (Triple Süper Fosfat) kullanılmıştır. Çalışmada uygulamaların bitki gelişimi, verim ve verim öğeleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

Deneme Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş deneme desenine göre ana parsellere çeşitler, alt parsellere gübre çeşidi, alt parsellere ise dozlar gelecek şekilde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Parsel alanı 14 m² olup, parsel uzunluğu 5 m, her parselde 4 sıra, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olarak ayarlanmıştır. Ekim işlemi 2021 yılında 27 Nisan, 2022 yılında ise 26 Nisan'da yapılmıştır. Tohumlar markörle çizilen sıralara belirtilen sıra üzeri mesafelerde elle açılan ocaqlara 5-6 cm derinlikte ekilmiş ve her ocağa 2 tohum atılmıştır. Uygulanacak azotlu gübre dozlarının yarısı ve 8 kg/da fosfor (P₂O₅)'un tamamı ekimle beraber, azotun diğer yarısı ise bitkiler 30-40 cm boya ulaşıncaya verilmiştir. Ekimden sonra çıkışların homojen olması için sulama

işlemi yapılmış ve 1. yıl 11 Mayıs 2. yılda ise 8 Mayıs çimlenme tamamlanmıştır.

Yabancı ot mücadelesinde önce kimyasal ilaç kullanılmış, daha sonra sıra arasında gelişen yabancı otlar traktör ara çapa makinası kullanılarak, sıra üzerindeki ise el ile çapalanarak yapılmıştır. Ayrıca, çapalama işlemi sırasında her ocağa 1 bitki bırakılmıştır. Sulama işlemi ise iklim ve yağmur durumuna göre damla sulama yöntemi ile bitkinin nem stresine girmesini önleyecek şekilde uygulanmıştır.

Tanelerin nem oranı yaklaşık %14-18 arasında iken (hasattan sonra örnek alınarak tanelerde nem oranı belirlenmiştir), parsel başlarından 0.5 m, kenarlardan birer sıra kenar tesiri olarak atıldıktan sonra kalan 2 sıradaki bitkilerin koçanları hasat edilmiştir. Hasatta öncelikli olarak 10'ar bitkinin koçanları el ile toplanmıştır. Alınan 10 bitkideki koçanlar yapraklarından sıyrılarak her parsel ayrı ayrı çuvallanmıştır. Parselin geriye kalan kısmı ise ayrıca hasat edilip, soyulup çuvallanmıştır. Sera içerisine kurumaya bırakılmışlardır. Serada kuruyan örnekler harman makinasıyla taneler ayrılmış ve ölçümler için kese kâğıtlarına koyulmuştur. Araştırmada tane hasadı PC912 çeşidinde 2021 yılında 16 Eylül, 2022 yılında 6 Ekim tarihlerinde, SH3077 çeşidinde ise 2021 yılında 25 Eylül, 2022 yılında 20 Ekim tarihlerinde yapılmıştır.

Tepe püskülü çıkış süresi tüm parsellerde bitkilerin çıkış tarihleri ile parseldeki bitkilerin %50'sinde tepe püskülünün görüldüğü tarih arasındaki gün sayısı, koçan püskülü çıkış süresi ise tüm parsellerde bitkilerin çıkış tarihleri ile parseldeki bitkilerin %50'sinde koçan püskülü oluşumunun görüldüğü tarih arasındaki gün sayısı olarak belirlenmiştir. Koçan uzunluğu her parselden rastgele alınan 10 koçan örneğinde, koçan sapının tane ile birleştiği noktadan koçan uçuna kadar olan mesafe cm cinsinden ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Koçandaki sıra sayısı her parselden rastgele alınan 10 koçanda, koçanların üzerindeki mevcut sıralar sayılarak ortalamaları alınmıştır. Koçanda tane sayısı her parselden rastgele alınan 10 koçan örneğinde, sıra sayısı ile sıradaki ortalama tane sayısı belirlenip daha sonra, sıra sayısı ile sıradaki tane sayısı çarpılarak adet olarak belirlenmiştir. Bitkide koçan sayısı, parseldeki koçan sayısı parseldeki bitki sayısına bölünerek bulunmuştur. Tane verimi her parselden elde edilen ürün tartılıp, nem ölçme aleti ile nem oranı belirlendikten sonra %15 nem düzeyine göre düzeltme yapıp kg/da olarak hesaplanmıştır (Zulkadir, 2018).

Araştırmadan elde edilen veriler Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller deneme desenine uygun olarak TotemStat paket programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemliliklerin belirlenmesinde Aşgari Önemli Fark (AÖF) testinden yararlanılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü 2021 ve 2022 vejetasyon dönemine (Nisan-Ekim) ait sıcaklık (°C), yağış (mm) ve nispi nem (%) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde araştırmanın yürütüldüğü yıllarda toplam yağış miktarı ve ortalama nispi nem değerleri uzun yıllar

ortalamasından düşük, sıcaklık ortalamaları ise yüksek karşılaştırıldığında ikinci yılında ortalama sıcaklık ve olduğu tespit edilmiştir. Deneme yılları nispi nem daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 1. Denemenin yürütüldüğü yıllar ve uzun yıllara (1929-2022) ait iklim verileri*

Table 1. Climatic data for the years in which the experiment was conducted and long years (1929-2022)*

Aylar	Ort. Sıcaklık(°C)			Toplam Yağış (mm)			Ort. Nispi Nem (%)		
	2021	2022	Uzun Yıl. Ort.	2021	2022	Uzun Yıl. Ort.	2021	2022	Uzun Yıl. Ort.
Nisan	12.7	14.6	10.8	8	17.4	51.2	54.6	45.7	61.1
Mayıs	19.6	17.3	15.5	2.3	12.9	55.9	42.2	52.5	58.9
Haziran	19.9	21.5	19.9	144.7	46.1	35.6	58.8	58.1	52.8
Temmuz	25.9	25.3	23.4	8.4	0.8	15.6	39.6	37.8	45.5
Ağustos	26.3	25.3	23.3	1.1	18.4	14.2	34.3	50.9	46.3
Eylül	20.5	21.2	18.9	13.5	16.3	18.4	47.6	43.8	52
Ekim	14.8	15.9	13.4	12.8	9.4	37.8	53.7	54.5	62.2
Ort./Top	19.96	20.16	17.89	190.8	121.3	228.7	47.26	49.04	54.11

*: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Deneme alanının 0-30 cm derinliğinde alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre; 2021 yılı üretim alanında toprağın strüktürü tınlı bir yapıya sahip olup, hafif alkali (pH 8.01), organik madde az (%1.48), tuzsuz, kireç oranı fazla (%24.12), fosfor bakımından yeterli (8.02 kg/da), potasyum (257.67 kg/da) bakımından

yüksek seviyeye sahiptir. 2022 yılında ise toprağın strüktürü tınlı, hafif alkali (pH 8.01), organik madde az (%1.34), tuzsuz, kireçli (%2.88), fosfor (8.91 kg/da) ve potasyum (46.92 kg/da) bakımından yüksek seviyeye sahiptir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deneme alanına ait toprak analizi sonuçları*

Table 2. Soil analysis results of the test area*

Yıl	Potasyum (K ₂ O) kg/da	Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	Kireç (%)	Organik Madde (%)	Toplam Tuz (%)	pH	Saturasyon (%)	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)
2021	257.67	8.02	24.12	1.48	0.018	8.01	41	28.93	37.26	33.81
2022	46.92	8.91	2.88	1.34	0.459	8.01	46	27.47	32.72	39.81
*	Geçit		Kuşağı	Tarımsal		Araştırma		Enstitüsü		Müdürlüğü

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tepe Püskülü Çıkış Süresi (Gün)

Çalışmada farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırları çeşitlerinde tepe püskülü çıkış süresi çeşitlere göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiş ve ortalama tepe püskülü çıkış süresi SH3077 çeşidinde her iki vejetasyon döneminde de daha uzun bulunmuştur (sırasıyla 77.57 ve 75.27 gün). PC912 çeşidinde ortalama tepe püskülü çıkış süresi ise sırasıyla 73.77 ve 68.50 gün olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre, SH3077 çeşidinin daha geççi olduğu ve PC912 çeşidine göre daha geç tepe püskülü çıkardığı tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Araştırmanın birinci yılında gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tepe püskülü çıkış süresi Nitropower gübresinde 76.17 gün, Novatec kullanıldığında ise 75.17 gün olarak belirlenmiş olup, Nitropower gübresi uygulaması Novatec gübresine göre tepe püskülü çıkış süresini uzatmıştır. Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde en uzun tepe püskülü çıkış süresi 0 kg/da dozunda (77.33 gün), en kısa tepe püskülü çıkış süresi ise 20 kg/da dozunda (74.5 gün) kaydedilmiştir. Uygulanan gübre dozu arttıkça tepe

püskülü çıkarma süresi azalmıştır. Dozlar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ancak 8-16 kg/da azot dozu uygulamaları arasında istatistiksel bir fark bulunmamış, aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 4).

Denemenin ikinci yılında ise Novatec gübresi uygulandığında (71.63 gün) yine tepe püskülü çıkarma süresinin daha kısa olduğu (Nitropower gübresi 72.13 gün) tespit edilmiş ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Azot dozlarının genel ortalamasına bakıldığında ise ikinci yıl en uzun tepe püskülü çıkarma süresi 73.83 gün ile kontrol doz uygulamasından, en kısa tepe püskülü çıkarma süresi 20 kg/da azot dozu uygulamasında 70.50 gün olarak tespit edilmiştir. Doz uygulamaları arttıkça tepe püskülü çıkış süresi kısalmıştır. Aynı zamanda denemenin ikinci yılında tepe püskülü çıkış süresi birinci yıla göre kısalmıştır (Çizelge 4).

Cin mısır genotiplerinin yetiştirildiği bölgeye adaptasyon yeteneğinin belirlenmesi, farklı uygulamaların verim ve kalite unsurlarına etkisine yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmamızda elde edilen bulgulara benzer olarak, tepe püskülü çıkış süresinin genotipe göre değiştiği farklı çalışmalarda da belirlenmiştir (Akın, 2022; Al, 2023; Üzümbağı, 2023).

Çizelge 3. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin tepe püskülü çıkış süresine (gün) ait ortalamalar
Table 3. Averages of tasseling time (days) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

2021							
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
		0	8	12	16		20
PC912	Nitropower	76.00	74.00	74.00	73.33	73.00	74.07
	Novatec	75.33	73.67	72.67	73.67	72.00	73.47
Çeşit Ort.		75.67	73.83	73.33	73.50	72.50	73.77 b¹
SH3077	Nitropower	79.67	78.33	78.00	77.67	77.67	78.27
	Novatec	78.33	77.33	77.67	75.67	75.33	76.87
Çeşit Ort.		79.00	77.83	77.83	76.67	76.50	77.57 a
2022							
PC912	Nitropower	71.33	69.33	69.33	67.67	67.33	69.00
	Novatec	70.33	68.00	67.33	67.67	66.67	68.00
Çeşit Ort.		70.83	68.67	68.33	67.67	67.00	68.50 b¹
SH3077	Nitropower	76.33	75.33	76.00	74.67	74.00	75.27
	Novatec	77.33	76.33	74.33	74.33	74.00	75.27
Çeşit Ort.		76.83	75.83	75.17	74.50	74.00	75.27 a

1. yıl CV (Çeşit):%0.51; CV (Gübre):%1.75; Cv (Doz):%1.31; 2. yıl Cv (Çeşit)%3.41 Cv (Gübre)%1.12 Cv (Doz)%1.2;

1. yıl Çeşit(C)_F:1444.000**; Gübre(G)_F:8.571*; Doz(D)_F:13.713**; ÇxG_F:1.371ns; ÇxD_F:0.903ns; GxD_F:0.464ns; ÇxGxD_F:1.122ns

2. yıl Çeşit (C)_F:114.152**; Gübre(G)_F:5.769ns; Doz(D)_F:26.033**; ÇxG_F:5.769ns; ÇxD_F:0.811ns; GxD_F:2.278ns; ÇxGxD_F:1.278ns

* %5 seviyesinde önemli, ** %1 seviyesinde önemli, ns önemsiz;¹ Aynı sütunda aynı harfle gösterilenler arasında istatistiksel fark yoktur.

Tepe püskülü çıkarma süresine çevre şartlarının ve farklı uygulamaların etkili olduğu birçok çalışmada belirlenmiştir. Organik olarak yetiştirilen tatlı mısır ve cin mısırdaki, 16 farklı besin kaynağına göre, cin mısırdaki ortalama tepe püskülü çıkarma süresi 56.3-63.3 gün arasında belirlenmiştir (Cihangir, 2013). Yine yetiştirme zamanına göre de tepe püskülü çıkarma süresi değişmiştir. Farklı cin mısır genotipi kullanılarak yürütülen çalışmada birinci üründe 51.3-61.7 gün, ikinci üründe 45-51.7 gün (Doğrul, 1999), ikinci ürün olarak yetiştirilen 13 cin mısır

genotipinde ise 52-58 gün (Kahramanoğlu, 2019) arasında değişmiştir.

Kara (2006), farklı sıra üzeri mesafeler ve azot dozları kullanarak yaptığı çalışmada birleştirilmiş yıllara göre yıl, ekim sıklığı ve azot dozu uygulamaları tepe püskülü çıkarma süresi üzerine istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sıra üzeri mesafenin ve azot dozunun artması ile tepe püskülü çıkış süresinin azaldığı belirlenmiştir. Yine Çetin (2019), azot dozları arttıkça tepe püskülü çıkarma süresi kısaldığını bildirmiştir.

Çizelge 4. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz interaksyonuna ait tepe püskülü çıkış süresi (gün) ortalamaları

Table 4. Averages of tasseling time (days) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
	0	8	12	16		20
Nitropower	77.83	76.17	76.00	75.50	75.33	76.17 A ²
Novatec	76.83	75.5	75.17	74.67	73.67	75.17 B
Ort.	77.33 A¹	75.83 B	75.58 B	75.08 BC	74.50 C	
2022 Yılı						
Nitropower	73.83	72.33	72.67	71.17	70.67	72.13
Novatec	73.83	72.17	70.83	71.00	70.33	71.63
Ort.	73.83 A¹	72.25 B	71.75 BC	71.08 CD	70.50 D	

^{1,2} Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Sonuç olarak, yapılan çalışmalar incelendiğinde tepe püskülü çıkarma süresinin, çeşide, yetiştirildiği ekolojiye, azot dozuna ve yıllara göre değiştiği görülmüştür. Bu konuda yapılan çalışmalar ile çalışmamız benzerlik gösterdiği, tepe püskülü çıkarma süresinin çeşide, yıllara ve azot dozu uygulamalarına göre değiştiği belirlenmiştir. Özellikle ikinci yıl haziran ayında sıcaklık değerlerinin daha yüksek olması, vejetatif gelişme döneminden, generatif gelişme dönemine geçmeyi hızlandırmış ve bitkiyi çiçeklenmeye teşvik ederek tepe püskülü çıkış süresinin daha kısalmasına neden olmuştur. Küçükyağcı (2010), tepe püskülü çıkış süresinin nemli ve serin havalarda uzadığını, sıcak havalarda ise kısaldığını bildirmiştir (Bajtay, 1990).

3.2. Koçan Püskülü Çıkış Süresi (gün)

Çizelge 5'de gösterildiği gibi; her iki yıl koçan püskülü çıkış süresi çeşitlere göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiş ve ortalama koçan püskülü çıkış süresi SH3077 çeşidinde daha uzun bulunmuştur. SH3077 çeşidinde yıllara göre sırasıyla 84.0 gün ve 82.40 gün, PC912 çeşidinde ise aynı sırasıyla 75.80 ve 75.03 gün olarak kaydedilmiştir. Denemenin ikinci yılında koçan püskülü çıkış süresinin daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Çeşit x gübre interaksyonu incelendiğinde, 2021 yılında istatistiksel olarak önemsiz, 2022 yılında ise önemli olduğu bulunmuştur. Koçan püskülü çıkış süresi Nitropower ve Novatec gübresi uygulandığında birinci

yılda PC912 çeşidinde sırasıyla 76.07, 75.53 gün, SH3077 çeşidinde ise aynı sıra ile 84.33, 83.67 gün olarak tespit edilmiştir. İkinci yılında ise PC912 çeşidinde Nitropower (75.80 gün) gübresi uygulandığında koçan püskülü çıkış süresi daha uzun sürmüştür (Novatec: 74.27 gün).

SH3077 çeşidinde ise her iki gübre çeşidinde benzer sürelerde koçan püskülü çıkışı gerçekleşmiş ve (Nitropower: 82.07, Novatec: 82.73 gün) istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 5. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin koçan püskülü çıkış süresine (gün) ait ortalamalar
Table 5. Averages of silking time (days) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

2021							
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
		0	8	12	16	20	
PC912	Nitropower	80.00	75.67	75.67	75.00	74.00	76.07
	Novatec	78.33	75.33	74.67	75.33	74.00	75.53
	Çeşit Ort.	79.17	75.50	75.17	75.17	74.00	75.80 b¹
SH3077	Nitropower	85.67	84.67	83.67	83.67	84.00	84.33
	Novatec	85.33	83.67	85.00	82.00	82.33	83.67
	Çeşit Ort.	85.50	84.17	84.33	82.83	83.17	84.00 a
2022							
PC912	Nitropower	78.00	76.00	75.67	74.33	75.00	75.80 A¹
	Novatec	77.00	74.00	73.67	73.33	73.33	74.27 B
	Çeşit Ort.	77.50	75.00	74.67	73.83	74.17	75.03 b¹
SH3077	Nitropower	83.67	82.00	83.67	81.00	80.00	82.07 A¹
	Novatec	84.00	83.67	82.33	82.00	81.67	82.73 A
	Çeşit Ort.	83.83	82.83	83.00	81.50	80.83	82.40 a

1. yıl CV (Çeşit):%2.56; CV (Gübre):%0.91; Cv (Doz):%1.83; 2. yıl Cv (Çeşit)%2.21 Cv (Gübre)%1.52 Cv (Doz)%1.39;

1. yıl Çeşit(C)_F:240.143**; Gübre(G)_F:10.125*; Doz(D)_F: 11.895**; ÇxG_F: 0.125ns; ÇxD_F:2.051ns; GxD_F: 0.284ns; ÇxGxD_F:1.257ns

2. yıl Çeşit (C)_F: 269.840**; Gübre(G)_F:1.965ns; Doz(D)_F:16.153**; ÇxG_F:12.663*; ÇxD_F:1.756ns; GxD_F:1.240ns; ÇxGxD_F:1.031 ns

* %5 seviyesinde önemli, ** %1 seviyesinde önemli, ns önemsiz;¹ Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Araştırmanın birinci yılında gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Koçan püskülü çıkış süresi Nitropower gübresinde 80.2 gün, Novatec gübresi kullanıldığında ise 79.6 gün olarak belirlenmiştir.

Nitropower gübresi uygulamalarında koçan püskülü çıkış süresi daha uzun olmuştur. Denemenin ikinci yılında ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Nitropower: 78.93 gün, Novatec: 78.50 gün) (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz etkileşimlerine ait koçan püskülü çıkış süresi (gün) ortalamaları
Table 6. Averages of silking time (days) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
	0	8	12	16	20	
Nitropower	82.83	80.17	79.67	79.33	79.00	80.20 A²
Novatec	81.83	79.50	79.83	78.67	78.17	79.60 B
Ort.	82.33 A¹	79.83 B	79.75 BC	79.00 BC	78.58 C	
2022						
Nitropower	80.83	79.00	79.67	77.67	77.50	78.93
Novatec	80.50	78.83	78.00	77.67	77.50	78.50
Ort.	80.67 A¹	78.92 B	78.83 B	77.67 C	77.50 C	

^{1,2}Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde ise denemenin her iki yılında en uzun koçan püskülü çıkarma süresi 0 kg/da dozunda (82.33 gün ve 80.67 gün), en kısa koçan püskülü çıkarma süresi ise 20 kg/da dozunda (78.58 gün; 77.50 gün) kaydedilmiştir. Uygulanan gübre dozu arttıkça, koçan püskülü çıkış süresi azalmış ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat denemenin birinci yılında 12 kg/da üzerindeki, denemenin ikinci yılında ise 16 kg/da üzerindeki azot dozu uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 6). Araştırmada tepe püskülünde olduğu gibi, koçan püskülü çıkış süresinde azot dozu uygulamalarının yanında iklim şartlarının da etkili olduğu belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında özellikle haziran ayında sıcaklık ortalamasının daha yüksek olması, koçan püskülü çıkış süresini kısaltmıştır.

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde koçan püskülü çıkış süresinin genotipe göre değiştiği ortaya konulmuştur (Akin, 2022; Al, 2023). Koçan püskülü çıkış süresine genotipin yanında farklı kültürel uygulamaların da etkili olduğu belirlenmiştir. Kara (2006), mısırdaki sıra üzeri mesafenin ve azot dozunun artması ile koçan püskülü çıkış süresinin azaldığı bildirmiştir. Okutan (1992), tepe ve koçan püskülü çıkarma süresi arasında olumlu ve önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Özata (2013), şeker mısırdaki azot dozları arttıkça koçan püskülü çıkarma süresinin kıaldığını bildirmiştir.

Farklı araştırma sonuçları bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir. Azot dozları arttıkça, bitkiler arasında asimilasyon ürünleri için rekabet azalmakta ve bitkiler gelişimlerini daha elverişli bir ortamda tamamlamaktadır. Bu da tepe püskülü çıkarma sürelerinde olduğu gibi, koçan püskülü çıkarma

sürelerinin de kısılmasına neden olabilmektedir. Bazı araştırmalarda bizim çalışmamıza göre daha farklı değerler bulmuşlardır. Bunun nedeni kullanılan çeşitlerin farklı olması yanında, araştırmanın yürütüldüğü ekolojik koşulların ve uygulamaların farklı olmasıdır. Sıcaklık gibi çevresel faktörler genotipler arasında çiçeklenme yönünden varyasyon oluşturabilmektedir (Rattalino Edreira & Otegui, 2012).

3.3. Koçan Uzunluğu (cm)

Çalışmada cin mısırı çeşitlerinde denemenin birinci yılında koçan uzunluğu çeşitlere göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiş, fakat ikinci yıl önemli bulunmamıştır. Ortalama koçan uzunluğu SH3077 çeşidinde daha uzun (2021 yılı:16.77 cm, 2022 yılı 20.33 cm) bulunmuştur (PC912: 15.93 cm ve 19.70 cm) (Çizelge 7).

Çizelge 7. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin koçan uzunluğuna (cm) ait ortalamalar
Table 7. Averages of ear length (cm) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

2021							
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
		0	8	12	16	20	
PC912	Nitropower	13.00	15.33	16.33	16.67	17.33	15.73
	Novatec	13.67	16.00	16.00	16.67	18.33	16.13
Çeşit Ort.		13.33	15.67	16.17	16.67	17.83	15.93 b¹
SH3077	Nitropower	14.67	14.67	18.33	17.33	18.00	16.60
	Novatec	14.67	16.33	16.33	18.33	19.00	16.93
Çeşit Ort.		14.67	15.50	17.33	17.83	18.50	16.77 a
2022							
PC912	Nitropower	18.22	18.05	19.63	19.43	20.85	19.24
	Novatec	18.59	19.44	20.33	21.11	21.33	20.16
Çeşit Ort.		18.41	18.75	19.98	20.27	21.09	19.70
SH3077	Nitropower	19.87	20.11	20.85	20.73	20.63	20.44
	Novatec	19.33	19.89	20.49	20.56	20.79	20.21
Çeşit Ort.		19.60	20.00	20.67	20.65	20.71	20.33

1. yıl CV (Çeşit):%3.95; CV (Gübre):%3.7; Cv (Doz):%5.47; 2. yıl Cv (Çeşit)%6.1 Cv (Gübre)%6.53 Cv (Doz)%3.91;

1. yıl Çeşit(C)_F:25.000*; Gübre(G)_F:5.500ns; Doz(D)_F:38.927**; ÇxG_F: 0.045 ns; ÇxD_F:1.406 ns; GxD_F:3.198*; ÇxGxD_F: 1.219 ns

2. yıl Çeşit (C)_F:3.955ns; Gübre(G)_F:1.061ns; Doz(D)_F:12.242**; ÇxG_F:2.896ns; ÇxD_F:2.200ns; GxD_F:0.539ns; ÇxGxD_F:0.448 ns

*%5 seviyesinde önemli, **%1 seviyesinde önemli, ns önemsiz; ¹Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Araştırmada gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuş olsa da Novatec gübresi uygulamalarında daha fazla koçan uzunluğu elde edilmiştir. Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde, dozlar arasında istatistiksel olarak önemli fark oluşmuştur. Denemenin birinci yılında 14.00-18.17 cm, denemenin ikinci yılında 19.01-20.90 cm arasında değişen koçan uzunlukları belirlenmiştir. En fazla koçan uzunluğu 20 kg/da azot dozu uygulamasından, en az ise 0 kg/da azot dozundan elde edilmiştir. Azot dozunun artmasıyla koçan uzunluğu artış göstermiştir. Sonuç olarak gübre çeşitlerinin önemsiz olduğu, azot dozunun, çeşit ve iklim faktörlerinin koçan uzunluğunu etkilediği tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Koçan uzunluğu, verim ve koçanda tane sayısını etkilemesinden dolayı mısır yetiştiriciliğinde önemli bir özelliktir. Koçan uzunluğu ile ilgili yapılan araştırmalarda genotipe göre farklı değerler elde edilmiştir. Nitekim

koçan uzunluğu 15 cin mısır genotipinin performanslarını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada 17.3-21.5 cm, (Akin, 2022), 5 yerel popülasyon, 11 hat ve 3 çeşit olmak üzere toplam 19 cin mısır çeşidi kullanarak yürütülen çalışmada ise 11.60-20.33 cm (Al, 2023) arasında tespit edilmiştir.

Cin mısırında farklı uygulamaların da koçan uzunluğu üzerine etkileri incelenmiş ve ekim zamanına (Doğrul, 1999) ekim sıklığına (Ertekin, 2019; Gür, 2020), sulama aralıklarına (Akçalı, 2016) ve sulamayı sonlandırma zamanına (Yerdoğan, 2015) göre değişebildiği belirtilmiştir.

Diğer mısır türlerinde de azotlu gübre çeşitleri (yavaş salımlı vb.) ve dozları üzerinde çalışmalar yapılmış ve azot dozları artkça koçan uzunluğunun arttığını bildirmiştir (Kara, 2006; Kuş, 2015; Karahan, 2016).

Çizelge 8. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz interaksyonuna ait koçan uzunluğu (cm) ortalamaları
Table 8. Averages of ear length (cm) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
	0	8	12	16	20	
Nitropower	13.83 c ¹	15.00 b	17.33 a	17.00 a	17.67 a	16.17
Novatec	14.17 d ¹	16.17 c	16.17 c	17.50 b	18.67 a	16.53
Ort.	14.00 D¹	15.58 C	16.75 B	17.25 B	18.17 A	
2022						
Nitropower	19.05	19.08	20.24	20.08	20.74	19.84
Novatec	18.96	19.67	20.41	20.83	21.06	20.19
Ort.	19.01 B¹	19.37 B	20.32 A	20.46 A	20.90 A	

¹ Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Sonuç olarak bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde koçan uzunluğu üzerine genetik yapının yanında kültürel uygulamaların da etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

3.4. Koçandaki Sıra Sayısı (adet/koçan):

Ortalama koçandaki sıra sayısı PC912 çeşidinde daha fazla bulunmuştur (yıllara göre sırasıyla 17.23 adet, 16.22 adet). SH3077 çeşidinde ortalama koçandaki sıra sayısı yıllara göre sırasıyla 15.25 adet, 14.81 adet olarak belirlenmiş ve çeşitler arasındaki bu farklılık her iki yılda da önemli bulunmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 9. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin koçandaki sıra sayısına (adet) ait ortalamalar
Table 9. Averages of number of rows in the cob (number) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

		2021					
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
		0	8	12	16		20
PC912	Nitropower	16.14	16.89	17.30	17.28	17.40	17.00
	Novatec	16.90	17.21	17.65	17.73	17.76	17.45
Çeşit Ort.		16.52	17.05	17.48	17.51	17.58	17.23 a¹
SH3077	Nitropower	15.43	15.21	15.03	15.52	15.30	15.30
	Novatec	14.59	14.82	15.48	15.59	15.50	15.20
Çeşit Ort.		15.01	15.02	15.26	15.56	15.40	15.25 b
		2022					
PC912	Nitropower	15.01	16.59	16.52	16.40	16.66	16.24
	Novatec	15.67	16.42	16.33	16.49	16.11	16.20
Çeşit Ort.		15.34	16.50	16.43	16.44	16.38	16.22 a¹
SH3077	Nitropower	13.89	14.88	14.85	14.87	14.93	14.69
	Novatec	14.07	14.86	14.99	15.68	15.07	14.93
Çeşit Ort.		13.98	14.87	14.92	15.27	15.00	14.81 b

1. yıl CV (Çeşit):%0.91; CV (Gübre):%2.81; Cv (Doz):%3.85; 2. yıl Cv (Çeşit)%5.28 Cv (Gübre)%5.27 Cv (Doz)%3.8;

1. yıl Çeşit(C)_F:2688.103**Gübre(G)_F:2.146ns; Doz(D)_F:3.316*; ÇxG_F:5.537ns; ÇxD_F:0.622ns; GxD_F:0.311ns; ÇxGxD_F:0.826ns

2. yıl Çeşit (C)_F:44.460*; Gübre(G)_F:0.263ns; Doz(D)_F:8.056**; ÇxG_F:0.433ns; ÇxD_F:0.261ns; GxD_F:0.810ns; ÇxGxD_F:0.523ns

*%5 seviyesinde önemli, ** %1 seviyesinde önemli, ns önemsiz; ¹ Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Araştırmada gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Fakat Novatec gübresi uygulandığında daha fazla koçanda sıra sayısı belirlenmiştir. Koçandaki sıra sayısı Nitropower gübresinde yıllara göre sırasıyla 16.15 adet, 15.46 adet, Novatec kullanıldığında ise 16.32 adet, 15.57 adet olarak kaydedilmiştir (Çizelge 10).

Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde, koçandaki en fazla sıra sayısı 16 kg/da dozunda (yıllara göre sırasıyla 16.53 adet ve 15.86 adet), en az ise 0 kg/da dozunda (yıllara göre sırasıyla 15.77 adet ve 14.66 adet) kaydedilmiştir. Fakat 8 kg/da üzerinde artan azot dozu uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz interaksyonuna ait koçandaki sıra sayısı (adet) ortalamaları
Table 10. Averages of number of rows in the cob (number) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

		2021 Yılı					
Gübre		Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
		0	8	12	16		20
Nitropower		15.79	16.05	16.17	16.40	16.35	16.15
	Novatec	15.75	16.02	16.57	16.66	16.63	16.32
Ort.		15.77 B¹	16.03 AB	16.37 A	16.53 A	16.49 A	
		2022 Yılı					
Nitropower		14.45	15.73	15.69	15.63	15.80	15.46
	Novatec	14.87	15.64	15.66	16.08	15.59	15.57
Ort.		14.66 B¹	15.69 A	15.67 A	15.86 A	15.69 A	

¹ Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Cin mısırında koçanda sıra sayısına genetik yapının yanında farklı uygulamaların etkisi de incelenmiştir. Uzun (2020) tarafından yapılan çalışmada, ekim şekillerinin koçanda sıra sayısına önemli etkisi olmadığı, bitki sıklıklarının ise önemli etkileri olduğu bildirilmiştir.

Koçanda sıra sayısı özelliği, koçanda tane sayısını ve koçan dane verimini doğrudan etkilediğinden, üzerinde durulması gereken bir özelliktir. Cin mısırında farklı araştırmacılar tarafından koçanda sıra sayısı incelenmiş ve genotipin etkisi araştırılmıştır. Nitekim koçanda sıra sayısı; 196 yerel mısır genotipi kullanarak yürütülen araştırmada cin mısırında 9.00-20.18 adet (Öner, 2011), 34 yerel cin mısır popülasyonu ve Nermin cin mısır çeşidi ile yürütülen araştırmada 2 yılın ortalamasına göre 12.56-19.23 adet (Zulkadir, 2018), 15 cin mısır genotipinin performanslarını belirlemek amacıyla yürütülen araştırmada 13-16.6 adet, (Akın, 2022) ve 256 adet kendilenmiş mısır hattında 11-20 adet (Üzümbağ, 2023) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Diğer taraftan Gür (2020), ekim sıklığının koçanda sıra sayısına önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir. Farklı bir araştırmacı cin mısırında koçanda sıra sayısına farklı besin kaynaklarının (14.53-15.90 adet) ve yılların

(14.76-15.60 adet) önemli etkisinin olduğunu bulmuştur (Cihangir, 2013).

Yavaş salımlı gübre uygulamaları ile yapılan bazı araştırmalarda, Kuş (2015) at dişi mısırdaki yavaş azot salımlı üre (Küre) ve normal üre gübresi uygulamasında, koçanda sıra sayısına azot dozlarının önemli olduğunu, normal ürede daha fazla koçanda sıra sayısı elde edilmesine rağmen, gübre tiplerinin istatistiksel olarak etkisini önemsiz bulmuştur. Araştırmacı mısırdaki uygulanan azot miktarındaki artışa bağlı olarak, bitki gelişiminin olumlu yönde etkilendiğini ve koçan kalınlığındaki artışın koçandaki sıra sayısı da artırdığını bildirmiştir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, Özata (2013) azot dozları arttıkça koçanda sıra sayısının arttığını tespit etmiştir. Araştırmacı azot dozlarının azaltılması ya da sınırlandırılmasının bitkide bir baskı oluşturduğunu, bitkiye taşınan karbonhidrat maddelerinin azalmasına neden olduğunu, azot dozları arttıkça besin elementi yönünden oluşan stres faktörleri ortadan kalktığı için çeşit özelliği olan ideal sıra sayısını oluşturduğunu bildirmiştir.

İncelenen araştırma sonuçları ile çalışmada elde edilen sonuçlar benzerlik gösterdiği gibi farklı bulunan sonuçlarda vardır. Genel olarak bu farklılıklarda genetik faktörlerin etkili olduğu söylenebilir (Cihangir, 2013; Kavut ve Soya, 2014). Sonuç olarak araştırmada PC912 çeşidinde daha fazla koçanda sıra sayısı belirlenmiş, koçandaki sıra sayısına gübre çeşitleri etkili olmamasına rağmen, belli bir azot dozu artışına (16 kg/da) kadar, koçandaki sıra sayısı da artmıştır. Bu veriler çeşitlerin yetiştirilmesinde özellikle besin elementi yönünden stresin ortadan kaldırıldığında, çeşit özelliği olan sıra sayısına ulaşabildiğini göstermektedir.

3.5. Koçanda Tane Sayısı (adet/koçan)

Koçandaki tane sayısı üzerine çeşidin etkisi, 2021 yılında istatistiksel olarak önemsiz iken, ikinci yıl önemli bulunmuştur. Her iki yılda SH3077 çeşidinde koçanda

tane sayısının daha fazla olduğu tespit edilmiş ve bu durumun koçan uzunluğu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 7). Çünkü koçanda sıra sayısı PC912 çeşidinde daha fazla olmasına rağmen (Çizelge 9), koçanda tane sayısı daha düşük bulunmasının nedeni, her sıranın koçan ucuna kadar tane oluşturulmaması ile açıklanabilir. Koçanda tane sayısı, PC912 çeşidinde yıllara göre sırasıyla 579.30 adet ve 612.43 adet, SH3077 çeşidinde ise 558.77 adet ve 667.67 adet olarak belirlenmiştir (Çizelge 11).

Çeşit x doz interaksyonu incelendiğinde, denemenin birinci yılında her iki çeşitte koçanda en fazla tane sayısı 20 kg/da azot uygulamasında (668.10 adet ve 655.30 adet), en düşük ise 0 kg/da uygulamasında (435.30 adet ve 405.25 adet) belirlenmiştir. PC912 çeşidinde dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli iken, SH3077 çeşidinde 16 ve 20 kg/da azot dozu uygulamaları arasında istatistiksel bir fark oluşmamış ve aynı grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında ise PC912 çeşidinde 511.73-656.76 adet, SH3077 çeşidinde 603.82-697.04 adet arasında değişen koçanda tane sayısı belirlenmiş ve farklılıklar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 11)

Çeşit x gübre x doz interaksyonu incelendiğinde, 2021 yılı vejetasyon döneminde PC912 çeşidinde her iki gübre çeşidinde (Nitropower ve Novatec) en fazla tane sayısı 20 kg/da azot dozunda (652.43 adet, 683.77 adet) belirlenmiş, ancak Nitropower uygulamasında 12 kg/da üzerindeki azot uygulamalarında tane sayısındaki artış, istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Novatec gübresinde ise 20 kg/da ile diğer dozlar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında ise koçanda tane sayısı yönünden en yüksek değerler PC912 çeşidinde her iki gübre formunda 20 kg/da azot dozunda (653.90 adet ve 659.62 adet), SH3077 çeşidinde ise Nitropower gübresinde 20 kg/da azot dozunda (686.77 adet), Novatec gübresinde ise 16 kg/da azot dozunda (718.73 adet) kaydedilmiş, ancak dozlar arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Çizelge 11).

Çizelge 11. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin koçandaki tane sayısına (adet) ait ortalamalar
Table 11. Averages of number of grains per cob (number) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

		2021					
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
		0	8	12	16		20
PC912	Nitropower	412.39 c ¹	568.59 b	605.06 ab	647.20 a	652.43 a	577.13
	Novatec	458.21 c ¹	569.14 b	584.25 b	611.95 b	683.77 a	581.46
Çeşit Ort.		435.30 D¹	568.86 C	594.65 BC	629.57 B	668.10 A	579.30
SH3077	Nitropower	433.95 c ¹	490.85 b	617.82 a	600.32 a	628.28 a	554.24
	Novatec	376.55 c ¹	512.67 b	543.57 b	701.33 a	682.32 a	563.29
Çeşit Ort.		405.25 D¹	501.76 C	580.69 B	650.82 A	655.30 A	558.77
		2022					
PC912	Nitropower	502.44	594.82	614.65	647.93	653.90	602.75
	Novatec	521.01	638.31	633.52	658.14	659.62	622.12
Çeşit Ort.		511.73	616.56	624.08	653.04	656.76	612.43 b²
SH3077	Nitropower	603.62	658.86	683.21	675.35	686.77	661.56
	Novatec	604.03	661.31	693.18	718.73	691.63	673.78
Çeşit Ort.		603.82	660.09	688.20	697.04	689.20	667.67 a

1. yıl CV (Çeşit):%4.02; CV (Gübre):%4.7; Cv (Doz):%5.65; 2. yıl Cv (Çeşit)%7.25; Cv (Gübre)%10.41; Cv (Doz)%5.63;

1. yıl Çeşit(C)_F:12.065ns; Gübre(G)_F:0.936ns; Doz(D)_F:108.058**; ÇxG_F:0.116ns; ÇxD_F:2.978*; GxD_F:3.695*; ÇxGxD_F:5.969**

2. yıl Çeşit (C)_F:21.241*; Gübre(G)_F:0.843ns; Doz(D)_F:21.611**; ÇxG_F:0.043ns; ÇxD_F:1.285ns; GxD_F:0.188ns; ÇxGxD_F:0.425ns

*%5 seviyesinde önemli, **%1 seviyesinde önemli, ns önemsiz;^{1,2} Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Araştırmada koçanda tane sayısı yönünden her iki yıl da gübre çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (yıllara göre sırasıyla Nitropower: 565.69 adet ve 632.15 adet, Novatec: 572.38 adet ve 647.95 adet). Gübre x doz interaksyonu incelendiğinde, denemenin birinci yılında önemliken, ikinci yıl istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Gübre çeşitlerinin doz (0, 8, 12, 16, 20 N kg/da) ortalamaları incelendiğinde, denemenin birinci yılında Nitropower gübresinde en fazla koçanda dane sayısı 20 kg/da azot dozunda (640.35 adet) belirlenmiş, ancak 12 kg/da üzerindeki uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Novatec gübresinde ise 16 kg/da (656.64 adet) ve 20 kg/da (683.04 adet) azot dozları arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Denemenin ikinci yılında Nitropower gübresi uygulandığında 553.03-670.33 adet, Novatec gübresi uygulandığında 562.52-688.44 adet arasında değişen koçanda tane sayısı tespit edilmiş ve farklılıklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 12). Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde, koçandaki en fazla tane sayısı 2021 yılında 20 kg/da (661.70 adet), ikinci yılında ise 16 kg/da (675.04 adet) azot dozlarında belirlenmiş, en az ise her iki yılda 0 kg/da azot dozunda (yıllara göre 420.28 adet ve 557.78 adet) kaydedilmiştir. Azot dozu artarken tane sayısı da artmış fakat denemenin birinci yılında 16 ve 20 kg/da, denemenin ikinci yılında ise 12, 16 ve 20 kg/da azot dozları arasında istatistiksel bir fark olmamış ve önemsiz bulunmuştur (Çizelge 12).

Çizelge 12. Farklı cin mısırları çeşitlerinde azotlu gübre x doz interaksyonuna ait koçandaki tane sayısı (adet) ortalamaları
Table 12. Averages of number of grains per cob (number) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
	0	8	12	16	20	
Nitropower	423.17 c ¹	529.72 b	611.44 a	623.76 a	640.35 a	565.69
Novatec	417.38 c ¹	540.90 b	563.91 b	656.64 a	683.04 a	572.38
Ort.	420.28 D¹	535.31 C	587.67 B	640.20 A	661.70 A	
2022						
Nitropower	553.03	626.84	648.93	661.64	670.33	632.15
Novatec	562.52	649.81	663.35	688.44	675.63	647.95
Ort.	557.78 C¹	638.32 B	656.14 AB	675.04 A	672.98 A	

¹Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Cin mısırında azotlu gübre kaynakları ve dozları ile ilgili yürütülen araştırmalarda yapılmıştır. Nitekim Özkan (2007), 2 cin mısırları çeşidi ve 7 farklı azot dozu (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 kg N/da) uygulanarak yürüttüğü çalışmada iki yılın birleştirilmiş ortalamasına göre koçanda tane sayısı çeşitlere göre (581-661 adet) istatistiksel olarak önemli iken, azot dozlarına göre (600-647 adet) önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan Akgün (2020), farklı azot dozu (0, 10, 15, 20, 25, 30 kg/da) uygulamasına göre koçanda tane sayısının önemli seviyede değiştiğini (515-608.83 adet) belirlemiştir. Cihangir (2013), farklı besin kaynaklarına göre (495.27-593.55 adet) ve yıllara (468.59-590.93 adet) göre koçanda tane sayısında önemli farklılıklar belirlemiştir.

Farklı mısır çeşitlerinde azotlu gübre kaynakları (yavaş salımlı gübre vb.) ve doz kullanılarak yapılan çalışmalarda; Cengizer (2024), farklı doz ve dönemlerde uygulanan yavaş salımlı azot gübresinin atışı mısırlarda koçanda tane sayısına azot dozunun ve uygulama

Koçanda tane sayısı verimi etkileyen önemli özelliklerden birisidir. Bu nedenle koçanda tane sayısı üzerine genotipin etkisini belirlemek için farklı araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bizim kullandığımız genotiplerde denemenin birinci yılında aralarındaki fark önemsiz iken, ikinci yıl önemli olmuştur. Yapılan çalışmalarda da bazılarında genotipe göre koçanda tane sayısı değişirken, bazılarında genotipler önemli olmamıştır. Bu konuda farklı çalışmalar yapılmış olup koçanda tane sayısı değerleri; 12 cin mısırları kullanarak yürütülen araştırmada 527.00-732.75 adet (Tekkanat & Soylu, 2005), 15 cin mısır genotipinin performanslarını belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada 501.6-792.5 adet (Akın, 2022), 5 yerel popülasyon, 11 hat ve 3 çeşit olmak üzere toplam 19 cin mısır çeşidi kullanarak yürütülen çalışmada 405.67-772.67 adet (Al, 2023) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Cin mısırında koçanda tane sayısına genotipin yanında farklı uygulamaların etkisi de araştırılmıştır. Koçanda tane sayısının ekim şekline (Uzun, 2020) ve ekim sıklıklarına (Özsoy, 2017; Uzun, 2020), ekim zamanına (Doğrul, 1999; Kahramanoğlu, 2019) ve sulamaya (Vural, 2007; Tüfekçi, 2021) göre değiştiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

döneminin önemli etkisinin olmadığını, ancak azot x uygulama döneminin etkisinin önemli olduğunu bildirmiştir. Yine Karahan (2016), azot dozlarının koçanda tane sayısını istatistiksel olarak önemli etkilerken, gübre çeşitlerinin etkisinin önemsiz olduğunu tespit etmiştir. Araştırmada en fazla ortalama koçanda tane sayısı üre uygulamasından elde edilmiştir. Kocabaş & Akgün (2021), Vega F1 mısır çeşidinde koçanda tane sayısına azot dozlarının etkili olduğunu fakat gübre çeşitlerinin istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit etmiştir. Diğer taraftan Kuş (2015), yavaş azot salımlı üre (Küre) gübresinin, atışı mısırlarda azot dozu ve gübre tipinin önemli olduğunu bildirmiştir. Azot dozunun koçanda tane sayısını arttırdığını en fazla koçanda tanenin, normal üre uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Yine farklı araştırmacılar azot dozlarındaki artışa paralel olarak koçandaki tane sayısının da arttığını bildirmişlerdir (Ülger vd., 1997; Kara, 2006).

Bu konuda yapılan araştırmaların sonuçlarına göre koçanda tane sayısının genotipe, çevre koşullarına ve yetiştirme tekniklerine göre farklılık gösterebilen bir karakter olduğu söylenebilir (Özel, 2019; Kocabaş & Akgün, 2021). Ayrıca, bütün bitkilerde olduğu gibi mısırdaki gelişmenin en kritik devresi çiçeklenme ve tozlaşma (10-15 gün) devresidir. Bu devrede kuraklık, besin elementi eksikliği (özellikle azot), polen dökülmesine neden olarak döllemeyi olumsuz yönde etkiler. Bu durum, koçandaki tane sayısını büyük ölçüde azaltabilmektedir (Aldrich vd., 1982; Tolenaar vd., 1997). Özellikle azot dozundaki artış, bitki büyüme ve gelişmesini olumlu etkileyerek, koçan boyu ve koçan çapı gibi verim unsurlarını ve dolayısıyla koçandaki tane sayısını arttırabilmektedir.

3.6. Bitkide Koçan Sayısı (adet/bitki)

Denemenin her iki yılında da SH3077 çeşidinde daha fazla bitkide koçan sayısı elde edilmiş ve çeşitler arasındaki bu farklılık 2021 yılında istatistiksel olarak önemsiz (PC912 ve SH3077 çeşitlerinde sırasıyla 1.02 adet ve 1.05 adet), 2022 yılında ise önemli bulunmuştur (aynı sıra ile 1.25 adet ve 1.42 adet). SH3077 çeşidinin koçan oluşturabilme kapasitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısıri çeşitlerinin bitkide koçan sayısına (adet) ait ortalamalar
Table 13. Averages of number of cobs per plant (pcs) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

2021							
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
		0	8	12	16	20	
PC912	Nitropower	1.00	1.00	1.07	1.00	1.00	1.01
	Novatec	1.00	1.00	1.00	1.03	1.07	1.02
Çeşit Ort.		1.00 A¹	1.00 A	1.03 A	1.02 A	1.03 A	1.02
SH3077	Nitropower	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.03
	Novatec	1.00	1.00	1.00	1.07	1.23	1.06
Çeşit Ort.		1.00 B¹	1.00 B	1.00 B	1.03 B	1.20 A	1.05
2022							
PC912	Nitropower	1.10 b ¹	1.13 ab	1.17 ab	1.23 a	1.23 a	1.17
	Novatec	1.07 c ¹	1.27 b	1.27 b	1.37 b	1.70 a	1.33
Çeşit Ort.		1.08 D¹	1.20 C	1.22 BC	1.30 B	1.47 A	1.25 b²
SH3077	Nitropower	1.13 c ¹	1.27 b	1.30 b	1.57 a	1.47 a	1.35
	Novatec	1.13 d ¹	1.47 c	1.43 c	1.80 a	1.63 b	1.49
Çeşit Ort.		1.13 D¹	1.37 C	1.37 C	1.68 A	1.55 B	1.42 a

1. yıl CV (Çeşit):%7.81; CV (Gübre):%9.61; Cv (Doz):%7.61; 2. yıl Cv (Çeşit)%5.87; Cv (Gübre)%8.08; Cv (Doz)%5.31;

1. yıl Çeşit(Ç)_F:2.077ns; Gübre(G)_F:0.424ns; Doz(D)_F:4.622**; ÇxG_F:0.153ns; ÇxD_F:3.000*; GxD_F:0.811ns; ÇxGxD_F:0.108ns

2. yıl Çeşit (Ç)_F:67.568*; Gübre(G)_F:30.229**; Doz(D)_F:65.752**; ÇxG_F:0.057ns; ÇxD_F:10.083**; GxD_F:8.628**; ÇxGxD_F: 3.934**

*%5 seviyesinde önemli, **%1 seviyesinde önemli, ns önemsiz

^{1,2} Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Cin mısırında çeşit x gübre x doz etkisi incelendiğinde, denemenin birinci yılında PC912 çeşidinde Nitropower gübresinde en fazla bitkide koçan sayısı 12 kg/da azot dozunda (1.07 adet), en az ise 0, 8, 16 ve 20 kg/da azot dozlarında (1.0 adet) tespit edilmiştir. Novatec gübresinde ise en fazla bitkide koçan sayısı 20 kg/da azot dozunda (1.07 adet), en az 0, 8 ve 12 kg/da (1.0 adet) azot dozlarında belirlenmiştir. SH3077 çeşidinde en fazla bitkide koçan sayısı Nitropower ve Novatec gübre uygulamalarında 20 kg/da azot dozunda (1.17 adet ve 1.23 adet), en az bitkide koçan sayısı ise Nitropower gübresinde 0, 8, 12 ve 16 kg/da azot dozlarında (1.0 adet), Novatec gübresinde ise 0, 8 ve 12 kg/da azot dozunda (1.0 adet) tespit edilmiştir. Denemenin ikinci yılında PC912 çeşidinde en fazla

Çeşit x doz etkisini istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin birinci yılında PC912 çeşidinde azot dozu ortalamalarına bakıldığında en fazla bitkide koçan sayısı 12 ve 20 kg/da (1.03 adet) azot dozlarında, en az 0 ve 8 kg/da azot dozlarında (1.00 adet) belirlenmiş ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. SH3077 çeşidinde ise en fazla bitkide koçan sayısı 20 kg/da azot dozunda (1.2 adet) belirlenmiş, 12 kg/da azot dozuna kadar bitkide koçan sayısının değişmediği (1.00 adet) tespit edilmiştir. SH3077 çeşidinde 16 kg/da azot dozunda bitkide koçan sayısı artmış, ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmadığından 0, 8, 12 ve 16 kg/da azot dozları aynı grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında en az bitkide koçan sayısı PC912 ve SH3077 çeşidinde 0 kg/da azot dozu uygulamasında sırasıyla 1.08 adet ve 1.13 adet olarak belirlenmiştir. PC912 çeşidinde en fazla bitkide koçan sayısı 20 kg/da azot dozu (1.47 adet) uygulamasından elde edilmiş, SH3077 çeşidinde ise 16 kg/da azot dozu (1.68 adet) uygulamasında belirlenmiştir. PC912 çeşidinde artan azot dozu bitkide koçan sayısını olumlu etkide bulunmasına rağmen, SH3077 çeşidinde ise 20 kg/da azot dozu uygulaması bitkide koçan sayısını azaltmıştır (Çizelge 13).

bitkide koçan sayısı Nitropower gübresinde uygulandığında 16 kg/da azot dozunda (1.23 adet), Novatec gübresinde uygulandığında ise 20 kg/da azot dozunda (1.70 adet) belirlenmiştir. Ancak Nitropower gübresinde 8 kg/da üzerindeki azot dozlarından elde edilen değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve önemsiz bulunmuştur. Novatec gübresinde ise 8, 12 ve 16 kg/da azot dozu uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve önemsiz bulunmuştur. SH3077 çeşidi her iki gübre çeşidinde daha düşük azot dozlarında (16 kg/da) daha fazla (1.57 adet ve 1.80 adet) bitkide koçan oluşturmuştur. Yüksek azotlu gübreleme (20 kg/da) bu çeşitte koçan sayısını azaltmıştır (Çizelge 13). Bu sonuçlar denemenin ikinci yılında her iki çeşidin de verilen gübreleri daha iyi kullandığını göstermektedir. Bu durumun çevre

koşullarından özellikle sıcaklıkla (2. yılın ort. sıcaklığı daha yüksek Çizelge 1) ve deneme alanının toprak yapısı (Çizelge 2) ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada gübre çeşitleri arasındaki fark denemenin birinci yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, fakat ikinci yıl önemli olmuştur. Her iki vejetasyon döneminde de Nitropower gübresi uygulamasında bitkideki koçan sayısı daha düşük bulunmuştur. Nitropower ve Novatec gübre uygulamalarında yıllara göre sırasıyla 1.02 ve 1.04 adet ile 1.26 ve 1.41 adet arasından değişen bitkide koçan sayısı belirlenmiştir (Çizelge 14).

Gübre x doz etkileşimini incelendiğinde denemenin birinci yılında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş olup, denemenin ikinci yılında istatistiksel olarak önemli olmuştur. Denemenin birinci yılında en fazla bitkide koçan sayısı gübre çeşitlerinde 20 kg/da azot dozu (sırasıyla 1.08 adet, 1.15 adet) uygulamasından elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında her iki gübre çeşidinde de 16 kg/da azot dozunun üzerindeki dozlarda bitkide koçan sayısı önemli bir farklılık göstermemiştir. En fazla bitkide koçan sayısı Nitropower gübresinde 16 kg/da azot dozunda (1.40 adet) Novatec gübresi Çizelge 14. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz etkileşimine ait bitkide koçan sayısı (adet) ortalamaları Table 14. Averages of number of cobs per plant (pcs) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
	0	8	12	16	20	
Nitropower	1.00	1.00	1.03	1.00	1.08	1.02
Novatec	1.00	1.00	1.00	1.05	1.15	1.04
Ort.	1.00 B¹	1.00 B	1.02 B	1.03 B	1.12 A	
2022						
Nitropower	1.12 c ¹	1.20 bc	1.23 b	1.40 a	1.35 a	1.26 B²
Novatec	1.10 c ¹	1.37 b	1.35 b	1.58 a	1.67 a	1.41 A
Ort.	1.11 C¹	1.28 B	1.29 B	1.49 A	1.51 A	

^{1,2}Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Cin mısırında farklı azot dozu ve gübre çeşitleri ile ilgili yürütülen bazı çalışmalarda bitkide koçan sayısı değerleri; İncik (2019) 1.23-1.70 adet arasında ve en fazla 20 kg/da azot dozunda elde etmiştir. Farklı mısır türlerinde yapılan çalışmada bitki başına koçan sayısının yıllara göre önemli seviyede değiştiği ve azot dozları arttıkça bitki başına koçan sayısının arttığı bildirilmiştir (Çokkızgım, 2002; Özata, 2013). Yine Karahan (2016) yaptığı çalışmada, azot dozlarının etkisinin önemli olduğunu, azot dozu arttıkça bitkide koçan sayısının arttığını, fakat 15 kg/da azot dozu uygulamasından sonra düşmeye başladığını tespit etmiştir. Çalışmada gübre çeşitleri arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış, fakat en fazla bitkide koçan sayısı, üre uygulamasında, daha sonra DMPP inhibitörlü azotlu gübre uygulamasından elde edilmiştir. Kocabaş & Akgün (2021), tarafından yapılan çalışmada Vega F1 mısır çeşidinde gübre dozlarının (15, 20 ve 25 kg/da) bitkide koçan sayısına etkili olmadığını, gübre çeşitleri [Nitropower 33 (%33 N), üre (%46 N) ve UTEC (%46 N)] arasındaki farkın ise önemli olduğunu, üre ve yavaş salınımlı gübre uygulamasında koçan sayısının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

uygulandığında ise 20 kg/da azot dozunda (1.67 adet) elde edilmiştir (Çizelge 14).

Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde, en fazla bitkide koçan sayısı 20 kg/da azot dozunda (yıllara göre sırasıyla 1.12 adet ve 1.51 adet), en az bitkide koçan sayısı ise denemenin birinci yılında 0 ve 8 kg/da azot dozlarında (1 adet), ikinci yılında ise 0 kg/da azot dozunda (1.11 adet) saptanmıştır. Uygulanan gübre dozu arttıkça bitkideki koçan sayısı artmıştır (Çizelge 14).

Bitki başına koçan sayısı verimi etkileyen önemli özelliklerden birisidir. Ancak bitkide koçan sayısının artması tane kalitesini düşürmesinden dolayı da tercih edilen bir durum değildir. Ziegler & Ashman (1994), prolific özelliğe sahip cin mısırının diğer mısır tiplerinden farklı olarak bir saptan birden fazla iyi gelişmiş koçana sahip olabileceğini bildirmişlerdir. Farklı çalışmalarda genotipin koçan sayısına etkileri araştırılmıştır. Nitekim; bitki başına koçan sayısı Tekkanat & Soyulu (2005) 1.0-1.6 adet, Öner (2011) 1.00-2.25 adet, Zulkadir (2018) 1.043-1.570 adet ve Uzun (2021) 1.3-1.6 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bitkide koçan sayısı çeşidin genetik yapısına bağlı olabildiği gibi, iklim koşullarına ve kültürel uygulamalara bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

3.7. Tane Verimi (kg/da)

Tane verimi yönünden çeşitler arasındaki farklılık, 2021 vejetasyon döneminde istatistiksel olarak önemsiz, 2022 yılında önemli ve tane verimi her iki çeşitte de daha yüksek bulunmuştur. Tane verimi birinci yılında PC912 çeşidinde (PC912: 666.39 kg/da, SH3077: 578.81 kg/da), ikinci yılında ise SH3077 çeşidinde (SH3077: 735.05 kg/da; PC912: 709.86 kg/da) daha fazla olduğu belirlenmiştir. SH3077 çeşidinde bitkide koçan sayısının daha fazla olması tane verimini arttırmıştır (Çizelge 15).

Çeşit x gübre etkileşimini incelendiğinde, denemenin birinci yılında cin mısırı çeşitlerine Nitropower ve Novatec gübresi uygulandığında, tane verimi sırasıyla PC912 çeşidinde 657.74 ve 675.04 kg/da, SH3077 çeşidinde 539.74 ve 617.88 kg/da, denemenin ikinci yılında aynı sıra ile PC912 çeşidinde 673.60 ve 746.12 kg/da, SH3077 çeşidinde 698.13 ve 771.97 kg/da arasında verim belirlenmiştir. Her iki yılda Novatec gübresi

uygulamasından daha fazla tane verimi elde edilmiştir (Çizelge 15).

Çeşit x doz interaksyonunu incelendiğinde istatistiksel olarak önemli olup, denemenin birinci yılında PC912 çeşidinde 370.65-891.47 kg/da, SH3077 çeşidinde 349.53-724.17 kg/da, denemenin ikinci yılında PC912 çeşidinde 504.88-912.70 kg/da, SH3077 çeşidinde 539.19-904.72 kg/da arasında değişen ortalamalar kaydedilmiştir. Denemenin ilk yılında azot dozu arttıkça tane verimi artmış ve en yüksek değerler her iki çeşitte de 20 kg/da azot dozu uygulamasında belirlenmiştir. Ancak her iki yılda PC912 çeşidinde 20 kg/da azot dozu ile diğer uygulamalar arasındaki fark önemli olurken, SH3077 çeşidinde birinci yıl 16 kg/da (714.71 kg/da) ile 20 kg/da (724.17 kg/da) azot dozları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. İkinci yılda ise bu çeşitte tane verimi 20 kg/da azot dozunda (850.08 kg/da) önemli seviyede azalmıştır (Çizelge 15).

Çeşit x gübre x doz interaksyonunu incelendiğinde, denemenin birinci ve ikinci yılında sırası ile PC912 çeşidinde Nitropower gübresi uygulandığında 378.64-888.40 kg/da ve 491.48-874.19 kg/da, Novatec gübresinde 362.67-894.53 kg/da ve 518.27-951.22 kg/da, SH3077 çeşidinde ise aynı sıra ile 350.98-639.39 kg/da ve 498.15-885.18 kg/da ile 348.08-808.96 kg/da 580.23-924.25 kg/da arasında değişen tane verimi elde edilmiştir. Genel olarak her iki vejetasyon döneminde azot dozu arttıkça tane verimi de artmıştır. En düşük tane verimi 0 kg/da azot dozu uygulamasından elde edilmiştir. (Çizelge 15).

Tane verimi Nitropower gübresinde yıllara göre sırasıyla 598.74 kg/da, 685.87 kg/da, Novatec gübresinde ise 646.46 kg/da, 759.05 kg/da olarak belirlenmiştir.

Novatec gübresi uygulamalarında tane verimi daha fazla olmuş ve gübre çeşitleri arasındaki fark denemenin ikinci yılında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 16).

Çizelge 15. Farklı azotlu gübre ve dozlarında cin mısırı çeşitlerinin tane verimine (kg/da) ait ortalamalar
Table 15. Averages of grain yield (kg/da) of popcorn varieties at different nitrogen fertilizer and doses

2021							
Çeşitler	Gübre	Azot Dozu (kg N/da)				Ort.	
		0	8	12	16		20
PC912	Nitropower	378.64	590.54	682.28	748.85	888.40	657.74
	Novatec	362.67	555.78	782.04	780.17	894.53	675.04
Çeşit Ort.		370.65 D¹	573.16 C	732.16 B	764.51 B	891.47 A	666.39
SH3077	Nitropower	350.98	499.50	585.04	623.80	639.39	539.74
	Novatec	348.08	522.45	604.27	805.62	808.96	617.88
Çeşit Ort.		349.53 D¹	510.98 C	594.65 B	714.71 A	724.17 A	578.81
2022							
PC912	Nitropower	491.48	568.22	703.47	730.66	874.19	673.60
	Novatec	518.27	616.28	776.23	868.60	951.22	746.12
Çeşit Ort.		504.88 E¹	592.25 D	739.85 C	799.63 B	912.70 A	709.86 b²
SH3077	Nitropower	498.15	617.15	669.18	885.18	820.99	698.13
	Novatec	580.23	650.60	825.62	924.25	879.17	771.97
Çeşit Ort.		539.19 E¹	633.87 D	747.40 C	904.72 A	850.08 B	735.05 a
1. yıl CV (Çeşit):%12.79; CV (Gübre):%11.58; Cv (Doz):%9.17; 2. yıl Cv (Çeşit)%2.00; Cv (Gübre)%6.61; Cv (Doz)%5.99;							
1. yıl Çeşit(C) _F :18.143ns; Gübre(G) _F :6.566ns; Doz(D) _F :115.122** _F ; ÇxG _F :2.668ns; ÇxD _F :3.529* _F ; GxD _F :2.613* _F ; ÇxGxD _F :2.350ns							
2. yıl Çeşit (Ç) _F :45.793* _F ; Gübre(G) _F :35.182** _F ; Doz(D) _F :151.848** _F ; ÇxG _F :0.003ns _F ; ÇxD _F :5.918** _F ; GxD _F :1.357ns _F ; ÇxGxD _F :2.045ns							

* %5 seviyesinde önemli, ** %1 seviyesinde önemli, ns önemsiz

^{1,2} Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Gübre x doz interaksyonunu ortalamalarına göre denemenin birinci yılında tane verimi Nitropower gübresinde 364.81-763.90 kg/da arasında değişmiş ve azot dozu arttıkça tane verimi de artmıştır. Bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu ve 20 kg/da ile diğer uygulamalar farklı gruplarda yer almıştır. Novatec gübresinde ise tane verimi 355.37-851.75 kg/da arasında değişmiştir. Doz arttıkça tane verimi de artış göstermiş ve istatistiksel olarak önemli fark oluşmuştur. Fakat 16 ve 20 kg/da azot dozu uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında ise Nitropower gübresi uygulandığında

494.82-847.59 kg/da, Novatec gübresi uygulandığında 549.25-915.19 kg/da arasında değişen değerler tespit edilmiş, azot dozu arttıkça tane verimi de artmıştır (Çizelge 16).

Azot dozlarının genel ortalaması incelendiğinde ise en fazla tane verimi 20 kg/da dozunda (yıllara göre sırasıyla 807.82 kg/da, 881.39 kg/da), en az tane verimi ise 0 kg/da dozunda (yıllara göre sırasıyla 360.09 kg/da, 522.03 kg/da) kaydedilmiştir. Denemenin ikinci yılında 16 kg/da üzerindeki artışlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 16).

Çizelge 16. Farklı cin mısırı çeşitlerinde azotlu gübre x doz interaksyonuna ait tane verimi (kg/da) ortalamaları
Table 16. Averages of grain yield (kg/da) of nitrogen fertilizer x dose interaction in different popcorn varieties

2021						
Gübre	Azot Dozu (kg N/da)					Ort.
	0	8	12	16	20	
Nitropower	364.81 d ¹	545.02 c	633.66 b	686.33 b	763.90 a	598.74
Novatec	355.37 d ¹	539.11 c	693.15 b	792.90 a	851.75 a	646.46
Ort.	360.09 E¹	542.07 D	663.41 C	739.61 B	807.82 A	
2022						
Nitropower	494.82	592.68	686.33	807.92	847.59	685.87 B²
Novatec	549.25	633.44	800.93	896.43	915.19	759.05 A
Ort.	522.03 D¹	613.06 C	743.63 B	852.17 A	881.39 A	

^{1,2} Aynı satır veya sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Tane mısır yetiştiriciliğinin esas amacı, yüksek tane verimi elde etmektir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, tane veriminin bizim çalışmamızda olduğu gibi, genotipe göre değişebildiği belirlenmiştir. Nitekim tane verim değerlerini; Tekkanat (2005) 499.5-753.5 kg/da, Öz ve Kapar (2011) 247.4-522.6 kg/da, İdikut vd. (2015) 287.38-498.50 kg/da, Zulkadir (2018) 477.757-859.262 kg/da, Kahramanoğlu (2019) 342.37-967.91 kg/da, Uzun (2021) 778.0-1114.2 kg/da, Akın (2022) 385-740 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Bunun yanı sıra cin mısırında tane veriminin ekim şekline (Uzun, 2020) ve ekim sıklığına (Özsoy, 2017; Ertekin, 2019; Uzun, 2020) göre önemli farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Yine cin mısırında farklı azot dozu (20, 25, 30, 35 kg N/da) ve değişik sıra üzeri uzunluklarının (10 cm: 14.286 bitki/da, 15 cm: 9.524 bitki/da, 20 cm: 7.143 bitki/da, 25 cm: 5.714 bitki/da) tane verimine etkisi araştırılmıştır. En yüksek tane verimi (587 kg/da) 20 kg N/da ile 20 cm sıra üzeri mesafede elde edilmiştir (Ülger, 1998). Fakat bazı çalışmalarda ekim sıklığının önemli olmadığını bildirmiştir (Gür, 2020). Araştırmamızda 15 cm sıra üzeri mesafede ve 20 kg/da azotlu gübrelemede 900 kg değerlerine ulaşılabilmiştir.

Cin mısırdaki azotlu gübre uygulamasının tane verimini önemli seviyede etkilediği bildirilmiştir. Nitekim Özkan, (2007) cin mısırında tane veriminin çeşitlere göre 375-447 kg/da, azot dozlarına (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 kg N/da) göre 340-453 kg/da arasında değiştiğini ve en fazla verimin 20 kg/da azot dozu uygulamasından elde edildiğini tespit etmiştir. Çukurova koşullarında cin mısıri çeşitlerine (Nermin Cin ve Ant Cin 98) farklı azot dozu (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 kg N/da) uygulandığı çalışmada, en yüksek tane verimi 499 kg/da ile 25 kg azot dozunda Nermin-cin çeşidinde belirlenmiştir (Özkan & Ülger, 2011). Bunun yanı sıra Cihangir (2013) organik olarak yetiştirilen cin mısırdaki tane verimi üzerine farklı besin kaynakları (421.27-526.54 kg/da) ve yılların (413.6-515.57 kg/da) etkisini önemli bulmuştur.

Farklı çalışmalarda azot dozu arttıkça mısırdaki tane veriminin arttığı tespit edilmiştir (Banerjee & Singh, 2003; Alıcı, 2005; Kara, 2006; Çetin, 2019). Diğer taraftan farklı bir çalışmada cin mısırında azot dozu miktarı azaldıkça, hasat edilen ürün miktarının azaldığını ileri sürülmüştür (Onsick & Nagy, 2004). Bizim çalışmamızda da 2. yıl SH3077 çeşidinde her iki gübre çeşidinde de 20 kg/da azot dozunda tane verimi azalmıştır.

Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuca benzer olarak, Karahan (2016), tarafından yapılan çalışmada tane verimine azot dozlarının (0, 7.5, 15, 22.5 kg/da N) istatistiksel olarak önemli, fakat gübre çeşitlerinin (üre, amonyum nitrat, NBPT inhibitörlü üre ve DMPP inhibitörlü %26 N) önemli olmadığı tespit edilmiştir. Ancak en fazla verim DMPP inhibitörlü azotlu gübre uygulamasından elde edilmiştir. Barut vd. (2022), ise üst gübre olarak Üre ve azot stabilizatörü olan “Nutrisphere-N’li Üre” gübresi kullanımının mısırın verim değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklara neden olduğunu, en yüksek verim (1774.31 kg/da) 25 kg DAP/da+60 kg Nutrisphere-N-Üre/da” uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Kuş (2015), at dişi mısırdaki tane verimi üzerine azot dozu ve gübre tipinin (yavaş azot salımlı üre (Küre) istatistiksel olarak önemli olduğunu bulmuştur. Azot dozu artışına paralel olarak verim artmış, normal üre uygulamasında yavaş salımlı gübre uygulamasına göre daha iyi verim elde edilmiştir. Diğer taraftan Zhao vd. (2013) Zhengdan958 mısır çeşidinde konvansiyonel azotlu gübreye göre, yavaş salımlı azotlu gübre çeşitleri tane verimini %9.69-14.15 oranlarında, Zhu vd. (2020) tarafından yavaş salımlı üre ve normal üre kullanarak yürütülen çalışmada ise yavaş salımlı gübre kullanımının normal üreye göre tane verimini %7.23 oranında arttırdığı bildirilmiştir. Araştırmamızda da yavaş salımlı gübre kullanımında tane veriminde birinci yıl %7.97, ikinci yıl ise %10.7 oranında artış sağlanmıştır.

Bu sonuçlar çeşidin yanında, yavaş salımlı gübrelerin içeriğinin de mısır yetiştiriciliğinde önemli olduğunu göstermektedir. Bunun yanında gübrelerin etkinliğinde ekolojik koşulların ve yetiştirme tekniği uygulamalarının da etkili olduğu söylenebilir. Özellikle sıcaklık mısır genotiplerinde tane verimi yönünden varyasyon oluşturabilmektedir (Rattalino Edreira & Otegui, 2012). Araştırmamızda ikinci yıl deneme alanının toprak özelliklerinin yanında, sıcaklık ortalamasının daha fazla olması koçan sayısını artırarak daha fazla verim elde edilmesine neden olmuştur. Mısırdaki tane verimi; koçandaki tane sayısı, koçan boyu, koçan çapı, bin tane ağırlığı, tek koçan ağırlığı gibi koçan özellikleri ile doğru orantılıdır, bunların yanında birim alandaki koçan sayısının da önemli olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Bruns & Abbas, 2002; Kara, 2006; Saygı & Toklu, 2017).

4. Sonuç

Farklı cin mısırı hibrit çeşitleri ve farklı gübre (geleneksel ve yavaş salımlı) ve 5 farklı doz uygulaması ile yürüttüğümüz bu çalışmada, tane verimi ve verim öğeleri dikkate alındığında Isparta koşullarında her iki çeşidin (SH3077 ve PC912) yetiştirilebileceği tespit edilmiştir. Diğer taraftan iklim şartları (özellikle sıcaklık) uygun olduğunda, daha geç olgunlaşan SH3077 çeşidinden daha yüksek verim elde edilebilecektir. Ayrıca Novatec gibi yavaş salımlı ve uzun süre etkili olabilen gübrelerin uygulanması yıkanma ve buharlaşma ile oluşabilecek kayıpları azaltarak, gübre alım etkinliğini arttıracaktır. Bu nedenle yavaş salımlı gübrelerin kullanılmasının cin mısırı yetiştiriciliğinde daha ekonomik olacağı düşünülmektedir. Araştırmada yavaş salımlı Novatec gübresi uygulamasının cin mısırı çeşitlerinde verim ve verim unsurları üzerinde önemli artış sağladığı belirlenmiştir. Yıllara ve çeşide göre değişiklik göstermiş olsa da atılacak gübre miktarını da azaltabileceği belirlenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı'nda Kürşat BUÇAK tarafından sunulan Doktora tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Akçalı, C. F. (2016). *Amik Ovası Koşullarında Cin Mısırı (Zea mays everta Sturt.) Tarımında Uygun Sulama Aralıklarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akgül, M. (2020). *Farklı Azot Dozu Uygulamalarının Cin Mısırasında Dane Verimi, Bazı Agromorfolojik Karakterler ve Dane Patlama Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akın, C. O. (2022). *Tokat Kazova Koşullarında Bazı Cin Mısırı (Zea mays everta L.) Çeşit ve Hatlarının Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Al, F. (2023). *Cin Mısır (Zea mays everta) Genotiplerinin Verim ve Kalite Parametrelerinin Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Aldrich, S. R., Scott, W. O., & Leng, E. R. (1982). *Modern Corn Production*. A & L, Publications, Illionis, U.S.A.
- Alıcı, S. (2005). *Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Azot Dozları ile Sıra Üzeri Ekim Mesafelerinin II. Ürün Mısır (Zea mays L.) Bitkisinde Verim, Verim Unsurları ve Bazı Tarımsal Karakterlere Etkisi Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bajtay, I. (1990). Correlation between sowing dates and tillering in sweet corn. *Field Crop Abst*, 43(4).
- Banerjee, M., & Singh, S. N. (2003). Effect of nitrogen and plant population on yield components and yield of popcorn varieties of maize. *Annals of Agricultural Research*, 24(4), 968-970.
- Barut, H., Aykanat, S., & Aslan, H. (2022). The effects of using urea with nitrogen stabilizer as top fertilizer on some yield and quality criteria in bread wheat and corn. *Turkish Journal of Agriculture -*

- Food Science and Technology*, 10(1), 28-36. doi.org/10.24925/turjaf.v10i1.28-36.4743
- Bruns, H. A., & Abbas, H. K. (2002). Effects of intra-row spacing on maize growth in the Mid-South. *Agronomy Abstracts*, 48, 21-27.
- Cengizer, Z. (2024). *Farklı Doz ve Dönemlerde Uygulanan Yavaş Salımlı Azotlu Gübrenin Atıdışı Mısırdaki (Zea mays L. var. indentata) Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Cihangir, H. (2013). *Organik Yetiştirilen Cin Mısırı (Zea Mays L. Everta) ve Tatlı Mısırdaki (Zea mays L. saccharata) Farklı Besin Kaynaklarının Verim ve Kalite Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çetin, A. (2019). *Mısır Çeşitlerinde Farklı Sulama Yöntemlerinde Azot Kullanım Etkinliğinin Mısırdaki Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çokkızgın, A. (2002). *Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Azot Dozları ile Sıra Üzeri Ekim Mesafelerinin II. Ürün Mısır (Zea mays L.) Bitkisinde Verim, Verim Unsurları ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Doğrul, A. Ş. (1999). *Çukurova Koşullarında Hibrit Cin Mısırları (Zea mays everta Sturt.)'nın Yetiştirme Olanakları Üzerine Bir Çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ertekin, Ç. (2019). *Cin Mısır Çeşitlerinde Farklı Bitki Sıklıklarının Verim ve Kalite Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gür, G. (2020). *Çukurova Koşullarında Farklı Ekim Sıklıklarının Cin Mısırasında (Zea mays everta) Dane Verimi ve Bazı Agromorfolojik Özelliklere Etkisinin Saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hosoney, R. C., Zeneznak, K., & Abdelrahman, A. (1983). Mechanism of popcorn popping. *Journal of Cereal Science*, 1, 43-52.
- İdikut, L., Zulkadir, G., Yürürürmaz, C., & Çölkesen, M. (2015). Yerel cin mısırı genotiplerinin Kahramanmaraş koşullarında tarımsal özelliklerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(3), 1-8.
- İncik, H. (2019). *Farklı Su Düzeylerinde ve Azot Dozlarında Cin Mısır (Zea mays everta Sturt) Su Verim İlişkisinin Saptanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kahramanoğlu, Y. (2019). *Harran Ovası Koşullarında Bazı Cin Mısırı (Zea mays L. everta) Genotiplerinin Tane Verimi ve Verimle İlgili Bazı Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kara, B. (2006). *Çukurova Koşullarında Değişik Bitki Sıklıkları ve Farklı Azot Dozlarında Mısırdaki Verim ve Verim Özellikleri İle Azot Alım ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karahan, F. (2016). *Farklı Azotlu Gübre ve Dozlarının Mısırdaki Tane Verimi ve Azot Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karashaşin, M. (2014). Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 2(3), 15-21.
- Kavut, Y. T., & Soya, H. (2014). Akdeniz iklim koşullarında farklı toprak yapılarının mısırdaki tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1), 41-47.
- Kocabaş, A., & Akgün, İ. (2021). Burdur ekolojik şartlarında farklı azotlu gübre çeşit ve dozlarının şeker mısırdaki (Zea mays saccharata Sturt.) koçanın bazı tarımsal özellikleri üzerine etkisi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 178-186.
- Kuş, H. O. (2015). *Atıdışı Mısırdaki (Zea mays L. indentata Sturt.) Yavaş Salımlı Azotlu Gübrenin Tane Verimi ve Verim Öğelerine Etkileri*. (Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Küçükyağcı, Ş. (2010). *Bazı Yeni Şeker Mısırı Tiplerinin Tokat - Kazova Koşullarında Bazı Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Okutan, M. (1992). *Tokat Ekolojik Şartlarında II. Ürün Olarak Şeker Mısır Yetiştirme Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Oncsik, M. B., & Nagy, L. (2004). Popcorn Production Under Fertigation in Hungary. *Proceedings of ICID Interregional Conference on Food Production and Water: Social and Economic*

- Issues of Irrigation and Drainage*, September 5-11, Moscow, Russia, 12.
- Öner, F. (2011). *Karadeniz Bölgesindeki Yerel Mısır (Zea mays L.) Genotiplerinin Agronomik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öz, A., & Kapar, H. (2011). Determination of grain yield, some yield and quality traits of promising hybrid popcorn genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 233-238.
- Özata, E. (2013). *Şeker Mısırdaki (Zea mays saccharata Sturt.) Ekim Sıklığı ve Azot Dozlarının Taze Koçan Verimi ile Verim Öğeleri Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özel, M. R., (2019). *Farklı Düzeylerdeki Organik Solucan Gübresinin Atıfı Mısırdaki (Zea mays L. indentata) Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özkan, A. (2007). *Çukurova Koşullarında Değişik Azot Dozu Uygulamalarının İki Cin Mısırdaki (Zea mays everta Sturt.) Çeşidinde Tane Verimi, Tarımsal Özellikler ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özkan, A., & Ülger, A. C. (2011). Çukurova ekolojik koşullarında değişik azot dozu uygulamalarının iki cin mısırdaki (Zea mays L. everta Sturt.) çeşidinde tane verimi ve bazı tarımsal özelliklere etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 198-208.
- Özsoy, A. (2017). *Tokat Kazova Koşullarında Farklı Ekim Sıklıklarının Bazı Cin Mısırdaki (Zea mays everta L.) Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öztürk, A., & Sade, B. (2014). Cin Mısırdaki İnsan Beslenmesindeki Önemi. *Harmantime*, 2(20), 80-84.
- Plenet, D., & Lemaire, G. (2000). Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant Soil*, 216, 65-82.
- Rattalino Edreira, J. I., & Otegui, M. E. (2012). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research*, 130, 87-98.
- Saygı, M., & Toklu, F. (2017). Çukurova bölgesinde birinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı danelik mısır (Zea mays indentata Sturt.) çeşitlerinin dane verimi, bazı bitkisel özellikler ve karakterler arası ilişkiler yönünden değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 20(Özel Sayı), 308-312.
- Tekkanat, A. (2005). *Cin Mısırdaki Çeşitlerinin Önemli Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tekkanat, A., & Soylu, S. (2005). Cin mısırdaki çeşitlerinin önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(37), 41-50.
- Tolenaar, M., Aguilar, A., & Nisanka, S. P. (1997). Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. *Agronomy Journal*, 89(2), 239-246.
- Tüfekçi, A. (2021). *Farklı Sulama Seviyelerinin Bursa Koşullarında Yetiştirilen Cin Mısırdaki (Zea mays L. Everta) Tane Verimi ve Agronomik Özellikleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Uzun, N. (2020). *Balıkesir Koşullarında Cin Mısırdaki (Zea mays everta Sturt.) Geleneksel ve Çift Sıra Ekim Şekilleri ve Bitki Sıklığının Tane Verimi ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Uzun, T. (2021). *Cin Mısırdaki F₁ ve F₂ Generasyonlarında Verim, Verim Unsurları, Kalite İle Bazı Morfolojik ve Fenolojik Özelliklerin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ülger, A., İbrikçi, H., Çakır, B., & Güzel, N. (1997). Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content and other plant parameters. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1697-1709.
- Ülger, A.C. (1998). Farklı azot dozu ve sıra üzeri mesafelerinin patlak mısırdaki (Zea mays everta Sturt.) tane verimi ve bazı tarımsal özelliklere etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 155-164.
- Ünlü, K., Özenirler, G., & Yurteri, C. (1999). Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in central Turkey. *European Journal of Soil Science*, 50, 609-620.
- Üzümbaşı, B. (2023). *Cin Mısırdaki (Zea mays everta) Çift Melez Popülasyonlarının Bazı Agronomik ve Kalite Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Vural, Ç. (2007). *Aydın Koşullarında Cin Mısır Bitkisinin Damla Yöntemiyle Sulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yerdoğan, K. (2015). *Sulamayı Sonlandırma Zamanının Cin Mısırdaki (Zea mays everta Sturt.)'nın Verim ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Zhao, B., Dong, S., Zhang, J., & Liu, P. (2013). Effects of controlled-release fertiliser on nitrogen use efficiency in summer maize. *PLoS one*, 8(8), e70569.
- Zhu, S., Liu, L., Xu, Y., Yang, Y., & Shi, R. (2020). Application of controlled release urea improved grain yield and nitrogen use efficiency: A meta-analysis. *PLoS one*, 15(10), e0241481.
- Ziegler, K. E., & Ashman, B. (1994). Popcorn. In *Speciality Corns, Chapter Edited By Hallauer*. (pp. 189-214)
- Zulkadir, G. (2018). *Kahramanmaraş Koşullarında Yerel Cin Mısır (Zea mays Everta) Popülasyonlarının Morfolojik, Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve DNA Moleküler İşaretleyiciler ile Karakterizasyonu*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Satellite Observations of Air Quality Dynamics in Türkiye

Nehir Uyar^{1*}

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü – Zonguldak-Türkiye

*Sorumlu yazar: nehiruyar@beun.edu.tr

ARTICLE INFO

Received: 16/08/2024

Accepted: 20/11/2024

Keywords: *Organic Carbon Scattering, Sulfate, Sulfur dioxide, Total Aerosol Angstrom parameter*

DOI: 10.55979/tjse.1534679

ABSTRACT

This paper presents an analysis of air pollution in Turkey over a ten-year period. The study was carried out to determine the concentrations of specific pollutants in the atmosphere by analyzing the Sulfur dioxide (SO₂), Sulfate (SO₄), Organic Carbon Scattering (OCS) and Total Aerosol Angstrom parameter components obtained from MERRA-2 satellite imagery. SO₂ and SO₄ represent the mass densities of sulphate components in the atmosphere, while organic carbon represents atmospheric carbon scattering. The aerosol Angstrom parameter provides important information on particle size and distribution. The most moderate correlation was found between SO₄ and OCS (R value 0.63). Analyzing these parameters is an important step to understand their impacts and changes on air quality in Turkey. Ten years of Land Surface Temperature (LST) data were obtained from Modis images. SO₄ was highly correlated with LST (R value: 0.85) and OCS was moderately correlated with LST (R value 0.58). This study aims to analyze the air pollution profile in depth and identify seasonal/long-term trends, focusing on the analysis of long-term data. This analysis provides an important contribution to provide a scientifically based basis for air quality management and environmental policy development.

Türkiye'deki Hava Kalitesi Dinamiklerinin Uydu Gözlemleri

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 16/08/2024

Kabul tarihi: 20/11/2024

Anahtar Kelimeler: *Organik Karbon Saçılması, Sülfat, Kükürt dioksit, Toplam Aerosol Angstrom parametresi*

DOI: 10.55979/tjse.1534679

ÖZET

Bu makalede, Türkiye'deki hava kirliliğinin on yıllık bir süre boyunca analizi sunulmaktadır. Çalışma, MERRA-2 uydu görüntülerinden elde edilen Kükürt dioksit (SO₂), Sülfat (SO₄), Organik Karbon Saçılması (OCS) ve Toplam Aerosol Angstrom parametre bileşenlerini analiz ederek atmosferdeki belirli kirleticilerin konsantrasyonlarını belirlemek için yürütülmüştür. SO₂ ve SO₄, atmosferdeki sülfat bileşenlerinin kütle yoğunluklarını temsil ederken, organik karbon atmosferik karbon saçılmasını temsil eder. Aerosol Angstrom parametresi, parçacık boyutu ve dağılımı hakkında önemli bilgiler sağlar. En orta düzeyde korelasyon, SO₄ ve OCS arasında bulunmuştur (R değeri 0,63). Bu parametrelerin analiz edilmesi, Türkiye'deki hava kalitesi üzerindeki etkilerini ve değişimlerini anlamak için önemli bir adımdır. On yıllık Kara Yüzey Sıcaklığı (LST) verileri MODIS görüntülerinden elde edilmiştir. SO₄, LST ile yüksek düzeyde korelasyona sahipken (R değeri: 0,85) OCS, LST ile orta düzeyde korelasyona sahiptir (R değeri 0,58). Bu çalışma, hava kirliliği profilini derinlemesine analiz etmeyi ve uzun vadeli verilerin analizine odaklanarak mevsimsel/uzun vadeli eğilimleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu analiz, hava kalitesi yönetimi ve çevre politikası geliştirme için bilimsel temelli bir temel sağlamak adına önemli bir katkı sağlamaktadır.

1. Introduction

Rapid urbanisation and industrialisation processes are among the important factors triggering environmental problems worldwide. As a result of these processes, especially in big cities, smoke pollution increases, and atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentration increases significantly (Aykaç Özen et al., 2023)

Air pollution impacts nearly every habitat, with many having direct consequences for public health and agriculture. Sulfur dioxide (SO₂) is recognized as a primary irritant, posing significant short- and long-term health risks. It primarily affects the respiratory system, but it also impacts the eyes and skin, and laboratory studies indicate that it may influence other bodily systems as well. The effects of these pollutants are dose-

dependent, with prolonged exposure potentially leading to reactive airway dysfunction syndrome. Some studies have suggested that sulfur dioxide could be a potential carcinogen through its interaction with other substances and might also contribute to the development of ischemic stroke in the brain. Sulfates (SO₄) can form a substantial component of fine particulate matter, contributing to acid rain, which contaminates surface water and soil. This acid rain also damages forests and disrupts the broader ecosystem (Maynard et al., 2007; Nan, 2010; CAS 7446-09-5, 2004).

Sulfur originates from precursor emissions due to fossil fuel combustion, volcanic eruptions, and biological ocean activity. Carbonaceous aerosols, on the other hand, come from both natural and anthropogenic sources. Human-induced emissions include controlled and incomplete

combustion of fossil fuels and biofuels, as well as uncontrolled biomass burning. Organic carbon is also released from plants and debris and is secondarily produced in the atmosphere by gaseous compounds. Since the pre-industrial era, concentrations of all these aerosol types have risen considerably, now exerting a significant radiative force on the climate (Manning & Solomon, 2007).

The wide range of estimates for the direct radiative forcing of aerosols reflects the intricate nature of these particles and the challenges associated with accurately assessing their impact on the Earth's climate. Aerosols, such as sulphate, black carbon, and organic carbon, exhibit short lifetimes and considerable variability in their distribution across different regions and time periods. Moreover, the limited availability of comprehensive measurement data on a global scale adds further complexity to the evaluation process. This variability in estimates suggests significant uncertainty in our understanding of aerosol effects on the Earth's radiation balance. It underscores the need for more extensive and precise measurements, as well as improved modeling approaches, to better grasp the role of aerosols in climate dynamics. Despite the challenges, efforts such as those outlined in the IPCC Fourth Assessment Report contribute valuable insights, albeit within a range of potential outcomes (Ramaswamy et al., 2001; Takemura et al., 2005, Charlson et al., 1992; Schulz et al., 2006, Sato et al., 2003; Manning & Solomon, 2007). Therefore, ongoing research and advancements in observational techniques and modeling capabilities are essential to refine our understanding of aerosol impacts and their implications for climate change mitigation and adaptation strategies.

This study aims to analyze air pollution in Turkey using various parameters. The focused parameters are SO₂, SO₄, OCS and Total Aerosol Angstrom Parameter. Thematic maps were created using MERRA-2 satellite data based on data between 2002-2013. In the study, temporal and spatial trends of air pollution in the selected region were investigated. This study is an important step towards a deeper understanding of the air quality problem in Turkey and identifying its potential sources. The analyzed parameters will help to reveal the different sources and impacts of air pollution. Furthermore, thematic maps will help to identify problematic areas and develop air quality management strategies by visualizing the temporal and spatial distribution of air pollution. The results of this study may pave the way for the development of more effective policies to improve Turkey's air quality and protect public health.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Satellite records can be used as a very valuable and effective tool for estimating air pollution (Sierra-Porta et al., 2023). Satellite records can observe a large geographical area simultaneously and are therefore an

important data source for monitoring and analyzing the distribution of air pollution.

MERRA-2 is a modern reanalysis developed at NASA. Compared to its predecessor, MERRA-2 offers improved representation of processes involving the hydrological cycle, cryosphere, stratosphere, particularly enhancing atmospheric ozone-related processes, and benefits from joint assimilation of aerosols and meteorological fields. It also considers the interaction of atmospheric aerosols with radiation effects (Gelaro et al., 2017). Furthermore, MERRA-2 enables a more comprehensive analysis of atmospheric interactions and processes by exploiting the joint assimilation of aerosol and meteorological data fields. This leads to increased accuracy in weather and climate modelling. In addition, by considering the complex relationship between atmospheric aerosols and radiation, MERRA-2 provides valuable information on the mechanisms driving changes in Earth's radiation balance and climate. MERRA-2 is a significant advance in atmospheric reanalysis capabilities. It provides researchers with a powerful tool to better understand and predict changes in Earth's atmosphere, which is essential for addressing pressing environmental challenges such as climate change.

The aerosol assimilation system in MERRA-2 incorporates aerosol optical depth (AOD) measurements from satellite instruments such as MODIS, MISR, AVHRR, and stations within the AERONET network. The GOCART module is used to model atmospheric aerosols, including the simulation of sources, sinks, and dynamics for five different aerosol types: dust, sea salt, sulfates, black carbon (BC), and organic carbon (OC) (Randles et al., 2017; Butchard et al., 2017). It considers emissions from fossil fuel combustion and biomass burning, with sources identified through AeroCom inventories and various other biomass burning inventories. Since 2010, daily emissions of BC and OC from biomass burning have been estimated using the Quick-Fire Emissions Dataset (QFED), which is based on fire radiative power (FRP) data from MODIS instruments (Darmenov & da Silva, 2015; Freeborn et al., 2014).

For hydrophilic carbonaceous aerosols, the decay coefficients are adjusted according to moisture levels. The model also accounts for factors such as hygroscopic growth of particles, rates of aerosol deposition, and the optical properties when calculating aerosol mass and AOD, with data being corrected based on observations. The GOCART model's capability in analyzing observed aerosol characteristics has been validated in numerous studies (Colarco et al., 2010; Bian et al., 2013; Shikwambana, 2019).

Land Surface Temperature (LST) is a critical parameter in understanding land surface processes on both regional and global scales, as it reflects the outcomes of surface-atmosphere interactions and the exchange of energy between the ground and the atmosphere (Mannstein, 1987; Sellers et al., 1988). A decade of LST data was acquired from MODIS imagery.

2.2. Methods

Satellite data is an effective and reliable tool for analyzing air pollution over large geographic areas (Sierra-Porta et al., 2023). While analyses supported by ground-based measurements yield higher accuracy, satellite data offers a critical solution when ground data is lacking. In this study, the Pearson correlation method was employed to determine the relationships between air pollution parameters and Land Surface Temperature (LST). Using MERRA-2 data, various air pollution parameters such as SO₄ and OCS were selected, and correlation analyses were performed between each parameter and LST. These analyses, conducted with the Pearson correlation method, represent a significant step in evaluating the accuracy of MERRA-2's air pollution data and its interactions with related variables.

The data provided by MERRA-2 enables monitoring of atmospheric pollution parameters over vast geographic areas, while data processing and analysis processes were conducted using the Google Earth Engine (GEE) platform. With its high data processing capacity, GEE allows for the generation of high-resolution results. In the coding steps, MERRA-2 data was first imported, parameters were selected, and suitable datasets were prepared for correlation analysis. These steps were coded on GEE, enabling efficient and fast analysis processes.

This study utilizes MERRA-2 data to analyze the temporal changes of air pollution components over Turkey. Analyses were conducted on the Google Earth Engine (GEE) platform, covering the period from 2013 to 2022, and examined the distribution of important atmospheric parameters such as SO₄, SO₂, Organic Carbon Scattering, and the Aerosol Angstrom Parameter.

For each parameter, a time-series analysis was conducted by taking monthly average values across Turkey. To visualize the analysis results, time-series charts were generated using GEE's graphing tools. These charts, prepared on a specific scale and with axes arranged according to dates and units, illustrate how each parameter changed over certain time periods. The graphs obtained from this study provide a comprehensive view of the temporal changes in air pollution components across Turkey. The analyses conducted on the GEE platform demonstrate the contribution of remote sensing data to air pollution monitoring over large geographic areas and highlight the advantages of the MERRA-2 dataset in such environmental monitoring and analysis studies.

Although there are some limitations in using coarse-resolution data, MERRA-2 data provides a unique advantage, particularly for air pollution parameters such as SO₄, SO₂, OCS, and Total Aerosol Angstrom. These parameters are crucial for analyzing the movement and regional distribution of atmospheric pollutants. Pollutants such as SO₄ and SO₂ are provided by MERRA-2 with a level of detail that is not available in other satellite

datasets, offering high reliability in atmospheric modeling and air pollution analysis (Randles et al., 2017; Butchard et al., 2017). These data allow for a detailed understanding of processes affecting air quality and serve as a reliable alternative when local measurement data is unavailable.

In conclusion, although the resolution of the satellite data used in this study may be a limiting factor, the significance of the parameters offered by MERRA-2 largely compensates for these limitations. The analysis of parameters such as SO₄, SO₂, OCS, and Aerosol Angstrom plays a critical role in revealing the regional variations in atmospheric pollution. Therefore, the detailed aerosol and meteorological data provided by MERRA-2 make a unique contribution to research on air pollution.

2.3. Study Area

Air pollution poses significant environmental and health challenges in Turkey, particularly in its densely populated urban centers. In Figure 1, Google Earth image of Turkey is given. Air pollution is an important issue in Turkey. Especially in big cities, factors such as industrial activities, heavy traffic and energy production affect air quality. For example, air pollution is frequently on the agenda in metropolises such as Istanbul, Ankara and Izmir. In this study, Turkey's air pollution was analyzed in detail with various parameters. These parameters include SO₂, SO₄, OCS and Total Aerosol Angstrom parameters. Between 2022 and 2013, thematic maps were created for different regions of Turkey using MERRA-2 dataset. MERRA-2 data were processed on the Google Earth Engine platform and graphics and visuals were obtained. Time-varying air pollution trends and spatial distributions in various geographical regions of Turkey were analyzed in detail.



Figure 1. Google Earth image of Turkey

3. Result and Discussion

In this study, the temporal and spatial variations of key air pollution indicators in Turkey were analyzed over a decade, utilizing thematic maps and graphical representations. By examining parameters such as SO₂, SO₄, OCS, and the Total Aerosol Angstrom parameter, significant trends and patterns were identified across different regions. The analysis revealed notable fluctuations in air pollution levels, with distinct peaks and troughs corresponding to specific years and regions. The

findings provide a comprehensive understanding of how air quality has evolved over time in Turkey, highlighting critical areas and periods of concern that may warrant further investigation and policy intervention.

Figure 2a shows the thematic maps of SO₄ value between 2022-2013. It was observed that the highest values were reached in 2019. It is observed that SO₄ density is higher especially in coastal regions and the highest density is in the Marmara region. Figure 2b shows the thematic maps of SO₂ value between 2022-2013. It was observed that the highest values were reached in 2017. Especially around the Marmara Sea, Izmir, Ankara, Adana, Kahramanmaraş SO₂ intensity is higher. Figure 2c shows the thematic maps of OCS value between 2022-2013. The highest value was observed in 2017. The lowest values were observed in 2022. It was observed most intensely on the coasts of the Marmara and Black Sea. Figure 2d shows the thematic maps of the Total Aerosol Angstrom parameter value between 2022-2013. The highest value was observed in 2020. It was observed that the lowest values were reached in 2021. The Central Anatolia region was observed most intensely.

Figure 3(a) shows SO₄ value graphs between 2022-2013. The highest level was seen in October 2015 and the lowest level was seen in March 2020. Figure 3(b) shows SO₂ value graphs between 2022-2013. The highest level was seen in August 2017 and the lowest was in March 2020. Figure 3(c) shows OCS demonstration charts from 2022-2013. The highest level was seen in August 2021 and the lowest was seen in November 2016. Figure 4(d) shows the Total Aerosol Angstrom parameter value graphs between 2022-2013. The highest level was seen in December 2015 and the lowest level was seen in April 2022.

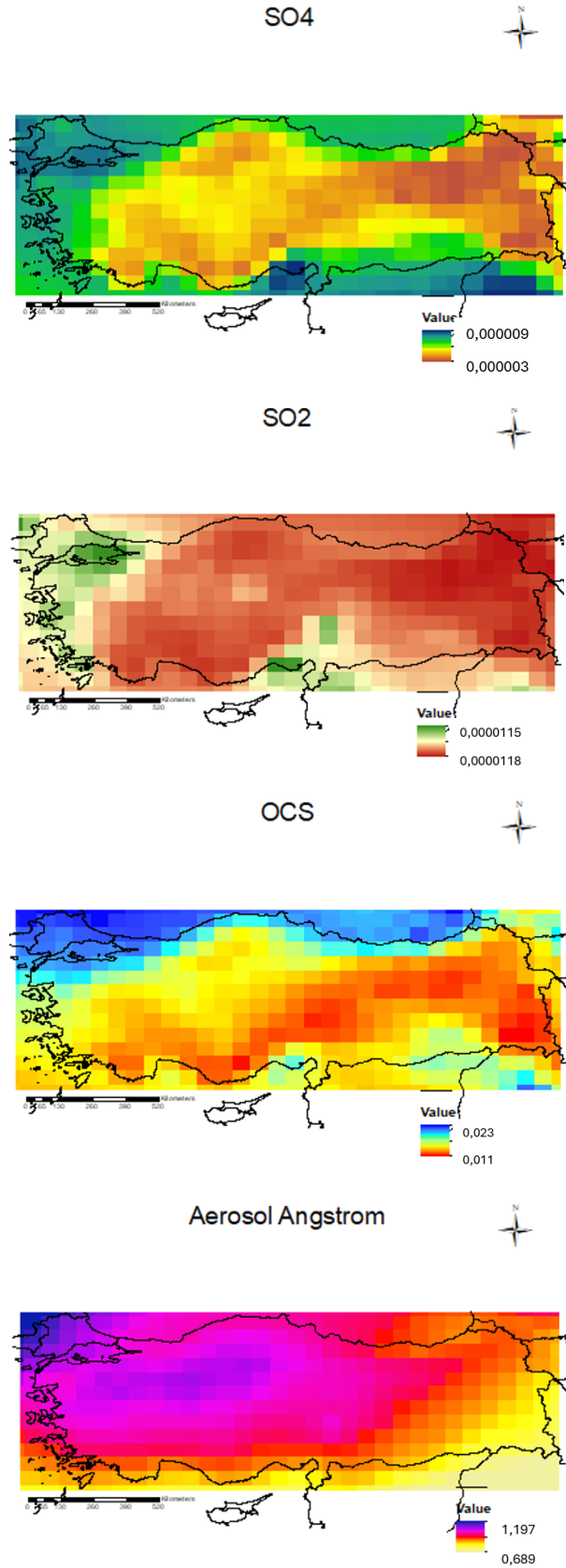
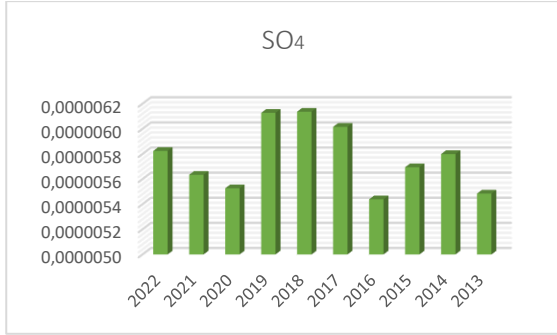
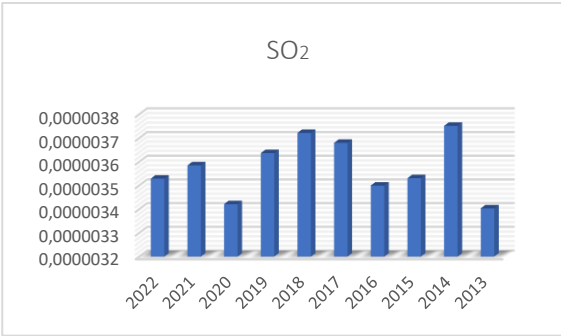


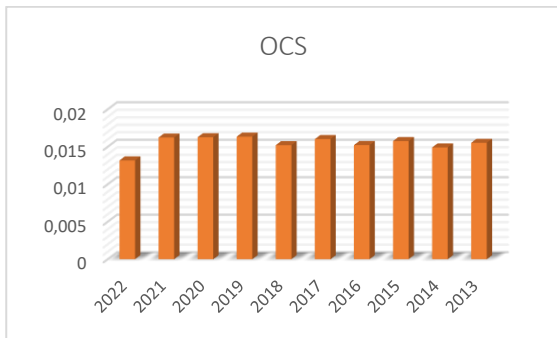
Figure 2. (a) Dated thematic maps of SO₄ value in 2022-2013, (b) Dated thematic maps of SO₂ value in 2022 - 2013, (c) Dated thematic maps of 2022-2013 OCS value, (d) Dated thematic maps of 2022-2013 Total Aerosol Angstrom parameter value



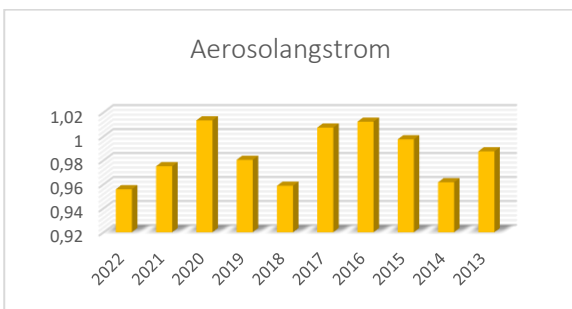
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3. (a) 2022-2013 of SO₄ value (b) 2022-2013 of SO₂ value (c) 2022-2013 charts of OCS value (d) Total Aerosol Angstrom parameter value charts dated 2022-2013

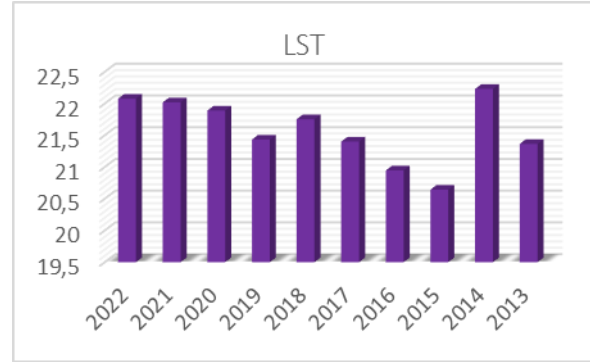


Figure 4. 10-year Lst values table

10-year LST values are given in Figure 4. It was created by averaging the monthly average values. It was observed that the highest average was reached in 2014, and the lowest average was reached in 2015.

4. Conclusion

Recently, there has been a noticeable deterioration in environmental conditions, with air pollution emerging as one of the most pressing issues. This degradation has had a profound impact on public health worldwide. One of the most concerning consequences is the significant increase in respiratory tract inflammation, directly attributable to poor air quality (Santosa et al. 2008). More efforts are still needed worldwide because air pollution poses a serious threat to human health and adversely affects environmental quality.

Recently, air pollution has begun to emerge as a serious problem in Turkey, and this situation is increasingly at the center of the policy agenda. The social and economic costs of air pollution are likely to be large for Türkiye. The OECD's environmental performance review estimated that excessive sulfur dioxide emissions could significantly increase mortality rates (Kaygusuz 2007; MEF 2007; Say 2006). It is recommended that Turkey take serious steps in the fight against air pollution and that this issue be addressed urgently.

The analysis based on the obtained data shows the importance of MERRA-2 satellite data in analyzing the air quality in various regions of Turkey. Studies on parameters such as SO₂, SO₄, Organic Carbon Scattering and Total Aerosol Angstrom reveal that there are significant differences between different regions. Especially in the Marmara region, SO₂ and SO₄ levels are higher than in other regions. It is emphasized that population density and industrialisation may be one of the important factors affecting air quality. Likewise, it is stated that Organic Carbon Scattering is intense in the Black Sea and Marmara Sea coasts, while Total Aerosol Angstrom parameters are concentrated in the Central Anatolia region.

Table 1. Regression results

Parameters	Correlation (R Value)	Correlation Strength
SO ₄ and OCS	0.63	Moderate
Other Parameters	<0.5	Weak
SO ₄ and LST	0.85	High
OCS and LST	0.58	Moderate

Table 1 presents the regression results. Regression was performed between all parameters with the Statistica programme. The most correlation was moderate between SO₄ and OCS (R value: 0.63) and the correlation between the other parameters was weak. Regression analysis was performed between all parameters and LST values. A high correlation was found between SO₄ and LST (R value: 0.85). A moderate correlation was found between OCS and LST (R value: 0.58).

The annual analysis conducted on the Google Earth Engine platform has shown that MERRA-2 satellite data is an important tool in formulating environmental policies more effectively and improving air quality. It was emphasized that the use of satellite imagery for continuous monitoring of air quality in Turkey is of great importance and this study is an important step in terms of environmental protection, public health and sustainability.

Air pollution is a significant environmental issue in the present day. To monitor and control air pollution more effectively, advanced and comprehensive methods are required due to its global impact. Satellites have become an important tool in this regard. NASA's MERRA-2 (Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2) is an atmosphere modelling and data assimilation system that plays a vital role. MERRA-2 is utilized to estimate the concentration of aerosols and other particles present in the atmosphere, providing information on the spatial and temporal distribution of air pollution. Other satellites, such as Sentinel-5P, TROPOMI and VIIRS, are also employed for air pollution monitoring. These satellites provide data in different spectral bands and at higher resolutions, enabling a more detailed analysis of air pollution. Supporting satellite data with ground measurements is crucial for accurate and reliable air pollution monitoring. Ground measurement stations verify and calibrate satellite data and provide information on air pollution in areas beyond satellite reach. The combination of satellite and ground-based measurements enhances understanding of air pollution sources and impacts. This information can aid in the development of policies and regulations to control air pollution.

The use of various satellites for air pollution monitoring has both advantages and disadvantages. MERRA-2 is suitable for monitoring long-term trends in air pollution due to its wide area coverage and long data history. Satellites such as Sentinel-5P and TROPOMI provide higher resolution data, enabling more detailed analyses of air pollution. It is important to support satellite data with ground-based measurements for more accurate and reliable air pollution monitoring. Ground measurement

stations are used to verify and calibrate satellite data. They are also important for obtaining information on air pollution in areas beyond satellite reach. The combination of satellite and ground-based measurements can provide a better understanding of the sources and impacts of air pollution. This information can aid in the development of necessary policies and regulations to control air pollution.

This analysis presents important findings that may represent a new approach and paradigm in the field of air quality monitoring. In terms of environmental protection and public health, it emphasizes the importance of continuing detailed analyses and states that these data can play a critical role in taking various measures. Such analyses can provide guidance in combating environmental threats and in policy making for a healthy environment.

5. Acknowledgement

I would like to thank the anonymous reviewers and editors for their valuable comments and suggestions regarding this article.

Conflict of Interest Statement

Author of the present study does not have any conflicts of interest.

Declaration of Contribution of Researchers

The author Investigation, Analysis, Writing- Review & Editing.

6. References

- Aykaç Ö. H., & Öbekcan, H. (2023). Short-term estimations of PM10 concentration in the Middle Black Sea region based on grey prediction models. *CLEAN Soil, Air, Water*, 51(10), 2200400.
- Bian, H., Colarco, P. R., Chin, M., Chen, G., Rodriguez, J. M., Liang, Q., Blake, D., Chu, D. A., Silva, A., Darmenov, A. S., Diskin, G., Fuelberg, H. E., Huey, G., Kondo, Y., Nielsen, J. E., Pan, X., & Wisthaler, A. (2013). Source attributions of pollution to the Western Arctic during the NASA ARCTAS field campaign. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(9), 4707-4721.
- Butchard, V., Randles, C. A., Silva, A. M., Darmenov, A., Colarco, P. R., Govindaraju, R., Ferrare, R., Hair, J., Beyersdoreff, A. J., Ziemba, L. D., & Yu, H. (2017). The MERRA-2 aerosol reanalysis, 1980 onward. Part II: Evaluation and case studies *Journal of climate*, 30(17), 6851-6872.
- Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D., Coakley, J. A., Hansen, J. E., & Hofmann, D. J. (1992). Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science*, 255(5043), 423-430. doi.org/10.1126/science.255.5043.423
- Colarco, P., Silva, A., Chin, M., & Diehl, T. (2010). Online simulations of global aerosol distributions in the NASA GEOS-4 model and comparisons to satellite and ground-based aerosol optical depth. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D14), 1-25. doi.org/10.1029/2009JD012820
- Darmenov, A. S., & Silva, A. M. (2015). The Quick-Fire Emissions Dataset (QFED): Documentation of versions 2.1, 2.2 and 2.4. *Technical Report Series on Global Modeling and Data Assimilation*, 38, 201 (NASA/TM-2015-104606).
- Manning, M., & Solomon, S. (2007). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing*, in *Climate Change 2007*. (pp. 129-234)
- Freeborn, P. H., Wooster, M. J., Roy, D. P., & Cochrane, M. A. (2014). Quantification of MODIS fire radiative power (FRP) measurement

- uncertainty for use in satellite-based active fire characterization and biomass burning estimation. *Geophysical Research Letters*, 41(6), 1988-1994.
- Gelaro, R., McCarty, W. J., Suárez, M. J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L., ... & Zhao, B. (2017). The modern-era retrospective analysis for research and applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 30(19), 5419-5454. doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1
- Health Effects of Project Shad Chemical Agent: Sulfur Dioxide [CAS 7446-09-5]. (2004). Prepared for the National Academies by The Center for Research Information, Inc. Silver Spring, MD 2091, 2004.
- Kaygusuz, K. (2007). Energy use and air pollution issues in Turkey. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 35(6), 515-668.
- Mannstein, H. (1987). Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia In Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology. *NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences*, 201, 391-410.
- Maynard, D., Coull, B. A., Gryparis, A., & Schwartz, J. (2007). Mortality risk associated with short-term exposure to traffic particles and sulfates. *Environmental health perspectives*, 115(5), 751-755.
- MEF (2007). Ministry of Environment and Forestry. In *First national Communication of Turkey on Climate Change*. (pp. 60-150)
- Nan, S., Yang, Y., Hongyan, L., Li, H., Ming, H., & Guangke, L. (2010). SO₂ inhalation contributes to the development and progression of ischemic stroke in the brain. *Toxicological Sciences*, 114(2), 226-236.
- Ramaswamy, V., Boucher, O., Haigh, J., Hauglustaine, D., Haywood, J., Myhre, G., Nakajima, T., Shi, G. Y., & Solomon, S. (2001). Radiative forcing of climate change, in *Climate Change 2001: The Physical Science Basis*. In *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (pp. 350-416)
- Randles, C. A., Silva, A. M., Buchard, V., Colarco, P. R., Darmenov, A., Govindaraju, R., Smirnov, A. B., Holben, B., Ferrare, R., Hair, J., Shinozuka, Y., & Flynn, C. J. (2017). The MERRA-2 aerosol reanalysis, 1980 onward. Part I: System description and data assimilation evaluation. *Journal of climate*, 30(17), 6823-6850.
- Santosa, S. J., Okuda, T., & Tanaka, S. (2008). Air pollution and urban air quality management in Indonesia. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 36(5-6), 466-475.
- Sato, M., Hansen, J., Koch, D., Lacis, A., Ruedy, R., Dubovik, O., Holben, B., Chin, M., & Novakov, T. (2003). Global atmospheric black carbon inferred from AERONET. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(11), 6319-6324.
- Say, N. P. (2006). Lignite-fired thermal power plants and SO₂ pollution in Turkey. *Energy Policy*, 34(17), 2690-2701.
- Schulz, M., Textor, C., Kinne, S., Balkanski, Y., Bauer, S., Berntsen, T., ... & Takemura, T. (2006). Radiative forcing by aerosols as derived from the AeroCom present-day and pre-industrial simulations. *Atmospheric chemistry and physics*, 6(12), 5225-5246.
- Sellers, P. J., Hall, F. G., Asrar, G., Strelbel, D. E., & Murphy, R. E. (1998). The first ISLSCP Field Experiment (FIFE). *Bulletin of the American Meteorology Society*, 69, 22-27.
- Shikwambana, L. (2019). Long-term observation of global black carbon, organic carbon and smoke using CALIPSO and MERRA-2 data. *Remote Sensing Letters*, 10, 373-380.
- Sierra-Porta, D., Solano-Correa, Y. T., Tarazona-Alvarado, M. N., & de Villavicencio, L. A. (2023). Linking PM10 and PM2.5 Pollution Concentration through Tree Coverage in Urban Areas *CLEAN–Soil, Air, Water*, 51(5), 2200222.
- Takemura, T., Nozawa, T., Emori, S., Nakajima, T. Y., & Nakajima, T. (2005). Simulation of climate response to aerosol direct and indirect effects with aerosol transport-radiation model. *Journal of Geophysical Research*, 110(D2), D02202.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Denizli İli, Güney İlçesi, Aydoğdu Yöresinde Yetiştirilen Denizli Kekikiği (*Origanum onites* L.) Üzerindeki Böcek Türlerinin Belirlenmesi

Anıl Berke YILMAZ^{1*}, İsmail KARACA²

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – Muğla-Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: anilberkeyilmaz@mu.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 17/08/2024

Kabul tarihi: 30/10/2024

Anahtar Kelimeler: Denizli Kekikiği, *Galeruca tanacetii*, Tuzak, Zararlı

DOI: 10.55979/tjse.1532381

ÖZET

Çalışmada, Denizli Kekikiği (*Origanum onites* L.) üretiminde stratejik öneme sahip olan Denizli'nin Güney ilçesindeki Denizli Kekikiği alanlarında bulunan böcek türlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmalar, beş farklı orman sınırı bulunan ve iki farklı orman sınırı bulunmayan üretim alanlarında olmak üzere yedi farklı *O. onites* parselinde 15 günde bir arazi çıkışı yapılarak yürütülmüştür. Çalışmada renkli yapışkan tuzaklar, su tuzakları, sirke ve pekmezli besin tuzaklarının yanında atrap yöntemi de kullanılmıştır. Ayrıca, kekik bitkileri gözle muayene yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada bölge faunasında yaşayan böcek türlerinin yanında kekik ile doğrudan beslenen *Galeruca tanacetii* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) saptanmıştır. *G. tanacetii* larvalarının bitkinin kök, kök boğazı, sap ve yeşil aksamında doğrudan beslendiği, tütün erginlerinin ise bitkinin sadece yeşil aksamı üzerinde beslendiği belirlenmiştir. Zararlı erginleri tuzaklarla yakalanmış, her 10 bitkinin altı tanesinde ortalama dört adet larva ve üç adet ergin birey kaydedilmiştir. *Galeruca tanacetii*'nin, kekikğin tüm vejetatif dönemlerinde toplamda %80'e varan ekonomik kayıplara neden olduğu tespit edilmiştir.

Determination of Insect Species on Denizli Thyme (*Origanum onites* L.) Grown in Aydoğdu Region, Güney District, Denizli Province

ARTICLE INFO

Received: 17/08/2024

Accepted: 30/10/2024

Keywords: Denizli Thyme, *Galeruca tanacetii*, Trap, Harmful

DOI: 10.55979/tjse.1532381

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the insect species found in Denizli Thyme fields in Güney district of Denizli, which has strategic importance in Denizli Thyme (*Origanum onites* L.) production. The studies were carried out in seven different *O. onites* plots, five with forest boundaries and two without forest boundaries, by making field exits every 15 days. In addition to colored sticky traps, water traps, vinegar and molasses food traps, atrap method was also used. In addition, thyme plants were examined by visual inspection method. In the study, *Galeruca tanacetii* L. (Coleoptera: Chrysomelidae), which feeds directly on thyme, was found in addition to the insect species living in the fauna of the region. It was determined that *G. tanacetii* larvae fed directly on the root, root collar, stem and green parts of the plant, while the adults of the species fed only on the green parts of the plant. Pest adults were caught with traps, and an average of four larvae and three adults were recorded in six out of every 10 plants. It was determined *Galeruca tanacetii* economic losses up to 80% in all vegetative stages of thyme.

1. Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkiler, eski çağlardan beri aromatik kokuları ve çeşitli (baharat, ilaç, merhem, içecek, parfüm, sabun, şampuan vs. gibi) kullanım alanları ile ön plana çıkan bitkilerdir. Bu özelliklerinin yanında bu bitkiler insanların ve hayvanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılaması sebebiyle büyük önem arz etmekte ve toplayıcılığı halen yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Daha sonraki zamanlarda insanların tarıma geçmesiyle birlikte bu bitki türlerinin bir kısmı doğadan toplanmasına devam edilirken, bir kısmının da kültüre alınarak yetiştiriciliği yapılmaya başlanmıştır. İsminden de anlaşılacağı üzere tıbbi ve aromatik bitkiler, insan ve hayvan hastalıklarında tedavi amacıyla kullanılmış ve hala günümüzde de bu şekilde kullanılmaktadır. Tıbbi aromatik bitkilerin tedavi edici özelliklerinin keşfedilmesi M.Ö. 5 000'li yıllarda Mezopotamya'ya kadar dayanmaktadır. Bu dönemde yaklaşık 250 tedavi edici özelliği olan bitki parçasının

(drogun) insan ve hayvan hastalıklarını iyileştirmesi amacıyla kullanıldığı bildirilmektedir (Demirezer, 2010).

Dünya genelinde yetişen tıbbi ve aromatik bitki türlerinin sayısı 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 28 000 olduğu bildirilmekte olup bu bitkilerden 1 100 kadarı ticari amaçlı olarak yetiştirilmektedir (Brinckmann vd., 2022).

Türkiye'de haşhaş, kimyon ve anasondan sonra üretim alanı en büyük olan tıbbi aromatik bitki kekiktir (*Origanum onites* Grown). Kekik bitkisi, odunsu bir gövde yapısına sahip olup, yapraklı, çiçekli, aromatik ve çok yıllık bir bitkidir. Kekik, çiçeklenme döneminde hasat edilmektedir. Bitki genel olarak hasat sonrası kurutularak değerlendirilmektedir. Tıbbi ve baharat amaçlı olarak kullanılan kekik bitkisi, genellikle saplarından ayrılarak kullanılmakta, hasat sonrasında farklı yöntemlerle işlenmektedir (BAKAP, 2023).

Labiaceae familyası içerisinde yer alan *Origanum* (L.), *Thymus* (L.), *Satureja*, *Coridothymus* (L.) ve *Thymbra* (L.) cinslerine ait bitki türleri, kekik olarak bilinmekte ve çok yıllık (7-10 yıl yaşayabilen) bitkilerdendir (Ceylan, 1995). Bu türler arasında Türkiye’de yetiştiriciliği ve toplayıcılığı yoğun bir şekilde yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerden birisi de *Origanum* cinsine ait türlerdir. Daha öncelerde "*Thymus*" ve "*Thymbra*" cinslerine bağlı türler insanlar tarafından değişik ihtiyaçlarını karşılamaları için doğadan direkt olarak toplanmaktaydı. Ancak insanlar daha sonraki zamanlarda ise bu ihtiyaçlarını karşılamak için "*Origanum*" cinsine bağlı türleri de kültüre alarak yetiştirmeye başlamışlardır.

Origanum cinsine bağlı türler uçucu yağ bakımından oldukça zengin olup, başta *O. onites* (L.) (Denizli Kekigi, İzmir Kekigi) olmak üzere, *O. vulgare* subsp. *hirtum* (L.) (İstanbul Kekigi), *O. minutiflorum* (L.) (Yayla Kekigi), *O. majorana* (L.) (Mercanköşk/ü, Beyaz Kekik, Alanya Kekigi), *O. syriacum* var. *bevanii* (Labiaceae) (Dağ Kekigi) tür ve alttürleri ihracatı en çok yapılan ve ekonomiye en fazla katkı sağlayan (ekonomik değerleri en fazla olan) kekik türleridir (TOB, 2022).

Türkiye’de yapılan kekik üretiminin yaklaşık %90’dan fazlası *O. onites* türüdür (Anonim, 2023). *Origanum* cinsine bağlı bu türlerden biri olan *O. onites* (L.), 1990 yılında Türkiye’de kültüre alınmış ve yetiştiriciliğine başlanmış olup Türkiye, bu türü yetiştiren önemli ülkeler arasında yer almıştır. Türkiye, 2016 yılı itibariyle, bu türün yetiştiriciliğinde dünyada lider konuma gelmiştir. Sonraki zamanlarda özellikle de 2019 yılında ihracatı yapılan bitkiler arasında kekik, 16 781 ton miktar ve 53.3 milyon dolarlık maddi değeriyle dünyada ikinci sırada yer aldığı bildirilmiştir (Boztaş vd., 2021). Çizelge 1’de Türkiye’de kekik üretiminin illere göre ekiliş alanı, üretim miktarı ve verimi sunulmuştur.

Çizelge 1’de görüldüğü üzere ülkemizde kekik üretiminin %90’dan daha fazlası Denizli ilinde yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre Denizli’de kekik üretimi 2016 yılında, 12 624 ton olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl Türkiye’deki kekik üretimi 14 724 tondur. 2016 yılında dünya kekik üretiminin yaklaşık 17 bin ton olup, Denizli ili Türkiye kekik üretiminin yaklaşık olarak %86’sını; dünya kekik üretiminin ise %75’ini tek başına karşılamıştır (Tunca vd., 2017). Denizli’nin ilçelerine göre kekik üretim miktarları Çizelge 2’de sunulmuştur.

Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden (2024 yılında) sözel olarak edinilen bilgilere göre Denizli kekik üretiminin yaklaşık %95’ini Denizli Kekigi oluşturmaktadır. Geri kalan yaklaşık %5’ini başta *O. vulgare* olmak üzere doğadan toplanan diğer türler olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, *Origanum* cinsi içerisinde yer alan *O. onites* L. (Denizli Kekigi) türü ele alınmıştır.

Çizelge 1. Türkiye’deki kekik üretimin illere göre dağılımı (TOB, 2022)

Table 1. Distribution of thyme production in Turkey by province (TOB, 2022)

İller	Ekiliş Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)
Denizli	145 280	15 729	108
Manisa	2 140	733	343
Uşak	3 575	670	187
Kütahya	1 721	254	148
Aydın	1 500	188	125
Antalya	663	142	214
Hatay	1 215	114	94
Muğla	292	53	182
Samsun	145	36	248
Afyonkarahisar	158	22	139
Eskişehir	40	10	250
Bursa	19	4	211
Isparta	18	3	167
Konya	275	3	11
Adana	5	1	200
Balıkesir	6	1	167
Düzce	16	1	63
Karaman	5	1	200
Şanlıurfa	1	0	0
Toplam	157 074	17 965	-

Çizelge 2. Denizli’de yıllara göre kekik üretimi (ton) (TÜİK, 2023)

Table 2. Thyme production in Denizli by year (tons) (TÜİK, 2023)

	Yıllar				
	2018	2019	2020	2021	2022
Pamukkale	4 798	5 000	8 457	6 162	15 650
Güney	4 226	4 645	4 284	4 896	12 240
Çal	2 641	2 904	4 050	3 285	6 125
Toplam	14 009	15 729	21 324	18 245	40 858

Denizli’de dış ticarete çok önemli bir yer tutması itibari ile ekonomik getirisi oldukça yüksek olan Denizli Kekigi (*O. onites*) üretiminde kalite ve kantitesi artırılarak standart bir üretim yakalanmıştır. Ancak bu standart üretim 2020 yılından itibaren kültürü yapılan alanlarda ortaya çıkan zararlıların vermiş olduğu ekonomik kayıplar sebebiyle sektöre uğramıştır. Bahsi geçen bu ekonomik kayıpların çoğunlukla Denizli’nin Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi’nde görüldüğü bildirilmiştir. Bu konu ile bağlantılı olarak Ege Bölgesi’nde yapılan bir çalışmada *O. onites* tarımının yaygınlaşmaya başlaması

ile zararlılar konusunda dikkatli olunması gerektiği bildirilmiştir (Tezcan vd., 2004).

Daha önce yapılan araştırmalarda, kekikten elde edilen çeşitli doğal bileşiklerin (ekstraktların, uçucu yağların vs.) tarım alanlarındaki ürünlerde ekonomik kayıplara neden olan hastalık ve zararlılara karşı etkileri ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanırken, kekikte ekonomik kayıplar meydana getiren hastalık ve zararlı türler üzerinde kısıtlı sayıda çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. Tezcan vd. (2006), kekiğin faunasını ortaya koymaya yönelik Türkiye'deki çalışmaların sınırlı sayıda olduğunu vurgulaması da bu ifadeyi desteklemektedir. Bu sebeple çalışmada kekik üzerindeki faunistik çalışmaların çok sınırlı olmasının bir eksiklik olduğu kanaati hasıl olmuş ve Denizli Kekiki (*O. onites* L.) üzerinde görülen böcek türlerinin tespiti amaçlanmıştır. Denizli ilinde (Güney ilçesinde) yetiştirilen Denizli Kekiki alanlarındaki böcek türlerinin tespiti ile ilgili ilk kez böyle bir çalışmanın yürütülmesi, çalışmanın özgünlüğü bakımından önem taşımaktadır.

Denizli Kekikiindeki böcek türlerinin tespit edilmesi ve Denizli Kekikiinde beslenen böcek türlerinin tespitinde öncelikle zararlıların tanınması ve ihracatta oldukça hassas bir bitki olması (ürün üzerinde hiçbir kimyasal kalıntısına tolerans gösterilmemesi) *O. onites*'e özel olarak mücadele yönteminin belirlenmesi ve geliştirilmesi mutlak suretle gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada, Denizli Kekiki (*O. onites*) bitkisi üzerinde bulunan böcek türlerinin ve Denizli Kekikiinde önemli ekonomik kayıplara neden olan zararlıların tespit edilmesi ve kayıt altına alınması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Denizli iline bağlı Güney ilçesinde, Aydoğdu Mahallesiindeki ormanlık alana sınırı bulunan beş farklı üretim sahasındaki Denizli Kekiki (*Origanum onites* L.) ve bunun üzerinde bulunan böcek türleri oluşturmaktadır. Seçilen bu üretim sahaslarının sahipleri olan çiftçiler ile iş birliği yapılarak, kekik yetiştirilen alanlara zararlı türleri toplamak için çeşitli tuzaklar kurulmuştur.

2.1.1. Çiftçiler ile görüşmeler

Origanum onites üretim sahaslarında böcek türlerinin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi amacıyla Denizli'nin Güney ilçesinde böcekler sebepli ekonomik kayıp yaşayan çiftçiler ve çalışmanın yürütüleceği arazilerin sahipleri ile görüşülmüştür.

Görüşmeler, arazilere tuzaklar kurulmadan önce yapılmış olup, arazi sahibi çiftçilerden çalışmaların tarlalarında yürütülmesi konusunda rızaları ve görüşleri alınmıştır. Buna ek olarak ise, arazilerinde böcekler kaynaklı zarar oluşan çiftçilerle böcekler hakkında bir ön fikir alışverişi yapılmıştır. Yapılan görüşmelerde üretim sahaslarındaki bu böceklerin kekikte ekonomik kayba neden olduğu zararlıların bitkiyi tamamen yeme sureti ile ortadan kaldırdığı, tarlaya hiç kekik dikilmemiş gibi (%100'e

yakın ekonomik kayıp görüntüsü) bir görüntü oluştuğu yönünde bilgiler alınmıştır.

2.1.2. Çalışmanın yürütüldüğü sahalalar

Çalışmanın yürütüldüğü saha, *O. onites* yetiştiriciliğinde böcekler tarafından ciddi ekonomik kayıpların meydana geldiği Denizli'nin Güney ilçesindeki Aydoğdu Mahallesi'dir. Çalışma, beş farklı *O. onites* üretim parselinde yürütülmüştür. Bu parseller 2021-2022 yıllarında yüksek ekonomik kayıpların görüldüğü ada içerisindeki ormana sınırı bulunan ve rastgele seçilen kekik sahalarıdır. Buna ilaveten, iki parsel de kontrol amaçlı olarak önceki yıllarda sağlıklı bir şekilde *O. onites* yetiştiriciliğinin yapılabildiği, ormana sınırı bulunmayan parsellerdir. Bu parseller ciddi ekonomik kayıpların görüldüğü adalar içerisinde rastgele seçilen orman sınırında bulunmayan ekim veya dikim alanlarıdır.

Tuzakların kurulduğu üretim sahaslarının lokasyonu, arazi koordinatları, kullanılan tuzaklar ve orman sınırı varlığına dair özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

2.2. Metot

Bu çalışmada yöntem, Denizli'nin Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesiindeki Denizli Kekiki üretim sahaslarında çiftçilerle iş birliğine gidilerek, Denizli Kekiki üretim sahaslarındaki böcek türlerinin tespit edilmeleri amacıyla çeşitli tuzakların kurulmasıdır. Kekik üretim sahaslarına farklı içeriklere sahip çeşitli çukur tuzaklar kurma, renkli yapışkan tuzaklar asma, toprak sathına su tuzakları kurma ve her arazi çıkışında 100 kez atrap sallayarak toplama yöntemleri kullanılmıştır.

2.2.1. Tuzakların kurulması

Çalışmanın yürütüldüğü yerden farklı olarak düşük rakımlı bölgelerde bitki fenolojisi dormansi döneminden yeşil aksam dönemine Şubat ayı içerisinde geçmektedir. Ancak çalışmaların yürütüldüğü Denizli'nin Güney ilçesinde bulunan kekik sahasları 850-1 000 metre rakım arasında yer almaktadır (Denizli Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2023). Bu nedenle bitki fenolojik olarak dormansiden yeşil aksam dönemine geçişi Mart ayı içerisinde gerçekleşmektedir. Toprak sıcaklığının 10°C'nin üzerine çıktığı, saçaklanma (sürgün çıkışının), görüldüğü bitki fenolojisinin dormansi halinden vejetatif olarak yeşil aksam dönemine geçmeye başladığı, 2023 yılının Mart ayı başından itibaren tuzakların temin edilmesi ile birlikte tuzaklar çalışma alanlarına yerleştirilmeye başlanmıştır. Arazilere görsel olarak cezbedici yapışkan özellikli mavi ve sarı renkli olanların yanında içerisinde sirke ve pekmez bulunan besin tuzakları ve su tuzakları kurulmuştur. Bununla birlikte çalışmanın yürütüldüğü her üretim sahasına ortalama 15 günde bir gidilerek, 100'er kez atrap sallanarak örnekler toplanmıştır.

Çizelge 3. Tuzakların kurulduğu üretim sahalarına ait özellikler

Table 3. Characteristics of the production areas where traps are set up

No	Lokasyon	Arazi Koordinatları ve Büyüklüğü	Kullanılan Tuzaklar	Ormana Sınırı
1	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°07'21.4"K 28°56'33.7"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Var
2	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°07'30.0"K 28°56'45.6"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Var
3	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°08'49.2"K 28°58'05.5"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Var
4	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°08'37.0"K 28°58'40.8"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Var
5	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°08'51.7"K 28°58'05.9"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Var
6	Denizli ili, Güney ilçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°09'29.2"K 28°57'39.6"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Yok
7	Denizli ili, Güney İlçesi, Aydoğdu Mahallesi	38°09'13.7"K 28°57'43.9"D (3 Dekar)	SMY, SPB, Su Tuzakları, Atrap	Yok

*SMY: Sarı ve Mavi Yapışkan Tuzaklar

*SPB: Sirke ve Pekmezli Besin Tuzakları

*SMY: Yellow and Blue Sticky Traps

*SPB: Vinegar and Molasses Food Traps

2.2.1.1. Renkli yapışkan tuzaklar

Seçilen arazilerdeki *O. onites* üretim alanlarındaki böcek türlerinin tespit edilmesi amacıyla 15 × 20 cm boyutlarında renkli yapışkan tuzaklar parsellere yerleştirilmiştir. Seçilen her bir araziye iki renkten, kekik sahasının orman sınırına güneye bakacak şekilde toplamda 210 adet tuzak, yerden 15 cm yüksekliğe bitki

üzerlerine arazileri temsil edecek şekilde eşit olarak asılmıştır. Kurulan tuzaklara ait fotoğraf Şekil 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 1. Kurulan renkli yapışkan tuzaklar
Figure 1. Colorful sticky traps set up



Şekil 2. Kurulan renkli yapışkan tuzaklar
Figure 2. Colorful sticky traps set up

2.2.1.2. Sirke ve pekmezli besin tuzakları

Seçilen arazilerdeki *O. onites* üzerindeki böcek türlerinin tespiti amacıyla her araziye 10 adet, yedi tarlaya ise toplamda 70 adet sirke ve pekmezli besin tuzakları kurulmuştur. Tuzaklar toprak yüzünde, üstü açık şekilde arazileri eşit olarak temsil edecek şekilde yerleştirilmiştir. Bunu destekler nitelikte, Tezcan vd. (2004), böcekleri tuzaklara çekmek amacıyla 1 litrelik kaplarda, tuzak içerisine sirke ve pekmez koyarak, besin tuzakları hazırlamışlar ve çalışmalarını bu şekilde yürütmüşlerdir. Buna ek olarak çeşitli kombinasyonlardaki (2 ve 3 numaralı sirke ve pekmezli tuzakları) besin tuzakları da arazilere yerleştirilerek zararlının mücadelesinde kullanılabilecek uygun besin tuzağı içerikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Sirke ve pekmezli besin tuzaklar ve içerikleri Çizelge 4, Çizelge 5 ve Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 4. Sirke ve pekmezli besin tuzağı-1

Table 4. Vinegar and molasses food trap-1

İçerik	Miktar
Pekmez	80 mL
Su	720 mL
Sirke	20 mL
Şeker	20 g

Çizelge 5. Sirke ve pekmezli besin tuzağı-2
Table 5. Vinegar and molasses food trap-2

İçerik	Miktar
Pekmez	80 mL
Su	720 mL
Sirke	20 mL
Antifreez	20 mL

Çizelge 6. Sirke ve pekmezli besin tuzağı-3
Table 6. Vinegar and molasses food trap-3

İçerik	Miktar
Pekmez	80 mL
Su	720 mL
Sirke	20 mL
Şarap	20 mL

Farklı içeriklere sahip besin tuzakları Şekil 3'te verilmiştir



Şekil 3. Kurulan çeşitli içeriklerdeki besin tuzakları
Figure 3. Food traps with various contents installed

2.2.1.3 Su tuzakları

Arazilerdeki *O. onites* alanlarındaki böcek türlerinin tespit edilmesi amacıyla toplamda 35 adet su tuzağı toprak yüzeyinde (toprak yüzeyi ile aynı seviyede) olacak şekilde kurulmuştur. Kurulan tuzaklar Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Örnekleme yapılan alanlara kurulan su tuzakları
Figure 4. Water traps set up in the sampling areas.

2.2.1.4. Atrap ile yapılan örnekleme

Seçilen arazilerdeki *O. onites* üretim sahalarında böcek türlerinin belirlenmesi amacıyla diğer tuzaklar

kurulduktan sonra toplamda yapılan 13 arazi çıkışının her birinde, her arazide, 100 kez atrap sallanarak çeşitli böcek türleri yakalanmıştır.

2.2.2. Çalışmanın değerlendirilmesi

Çalışmalarda, 210 adet sarı-mavi yapışkan tuzak, 35 adet su tuzağı, 70 adet sirke ve pekmezli besin tuzakları ve 9100 kez atrap sallanarak örnekleme yapılmıştır. Toplamda 13 kez arazi çıkışı yapılmıştır.

2.2.3. Örneklerin laboratuvarında incelenmesi

Örnekler, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Biyolojik Mücadele ve Araştırma Laboratuvarlarında; aynı araziden köklenerek getirilen *O. onites* bitkisi üzerinde gözlemlenmiştir. Bu noktada amaç zararlının doğal ortamında beslenerek gelişmesinin sağlanmasıdır. Araziden alınan örnekler Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Arazilerden alınan örnekler
Figure 5. Samples taken from the fields

3. Bulgular ve Tartışma

Örnekleme yapılan alanlarda 6 takım ve 8 familyaya bağlı türler yakalanmıştır. Hymenoptera takımına bağlı farklı arı türleri (*Apis* spp.), karasinek bireyleri (*Musca domestica* L.) (Diptera: Muscidae) sarı ve mavi yapışkan tuzaklarla yakalanırken, su tuzakları ve sirke ve pekmezli tuzaklarla ise Scarabaeidae familyasına bağlı farklı Coleoptera türleri, kulağakaçan (*Forficula auricularia* L.) (Dermaptera: Forficulidae) bireyleri, Mantodea familyasına bağlı peygamber devesi bireyleri, Blattodea familyasına bağlı hamam böceği türleri bireyleri ve *Coccinella septempunctata* L. ve *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae) türleri yakalanmıştır. Tür ve cins düzeyindeki teşhisler Prof. Dr. İsmail KARACA tarafından yapılmıştır. Bulunan bu canlı türlerine dair görseller Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Arazilerde tuzaklara yakalanan böcekler
Figure 6. Insects caught in traps in the fields

Yakalanan bu türler, çalışmaların yürütüldüğü tüm arazilerde farklı tuzaklara yakalanmıştır. Bu türlerin bölge ekosisteminde yaşayan *O. onites* (L.)'te ekonomik kayıp meydana getirmeyen türler olduğu orman sınırı bulunmayan iki alanda ekonomik anlamda kayıp yaşanmayıp, haziran ayının ilk haftasında sorunsuz bir şekilde hasat edilmesi ile anlaşılmıştır. Çalışma süresi boyunca yapılan arazi çıkışlarında bu böceklerin *O. onites* üzerinde beslenmediği de tespit edilmiştir.

Çalışmanın yapıldığı ormana sınırı bulunan beş arazide bulunan kekik bitkilerinin, ormana sınırı bulunmayan iki araziye kıyasla orman sınırı bulunmayan alanlarda kekik bitkilerinin çok daha canlı ve sürgünlerinin yeşil olduğu gözlemlenmiştir. Orman sınırı bulunmayan arazilerde *Galeruca tanacetii* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) larva ve ergin bireylerine rastlanmamış, buradaki bitkilerin gayet sağlıklı bir şekilde büyümeye devam ettikleri gözlemlenmiştir. Orman sınırındaki arazilerde ise *G. tanacetii* larvalarının bitkinin kök bölgesinde yoğun bir şekilde zarar oluşturdukları gözlemlenmiştir. Bu larvaların ortaya çıkıp beslenmeye başlaması sonrasında Nisan döneminde yeni sürgünlerin yeterince oluşmadığı ve bitkilerde soğuktan zarar görmüş gibi belirtilerin olduğu görülmüştür. Sürgünlerin yeterince ya da hiç oluşmamasının nedeni zararlı larvaların bitkinin kök ve kök boğazı ile beslenmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Sürgünlerin oluşabildiği bitkilerde Mayıs ayında ve Haziran ayının ilk haftasında türün larva ve ergin bireylerinin beslenmeye devam ettiği gözlemlenmiştir. Bitki başına kök ve kök boğazı çevresinde ortalama dört adet larva tespit edilmiştir. Nisan ayı arazi çıkışlarında çalışmanın yürütüldüğü arazilerdeki *O. onites*'in durumu Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. *G. tanacetii* tarafından zararlanma meydana gelen alanlardaki *O. onites* bitkilerinin durumu
Figure 7. Status of *O. onites* plants in areas damaged by *G. tanacetii*

Arazi çıkışları ile gözlemlerde zararlı larvalarının *O. onites*'in erken döneminde (Mart-Nisan) kök ve kök boğazında beslenerek tahribat verdiği, bu tahribat ile iletim demetlerinin işlevselliğini yitirmesine bağlı olarak bitkinin yeşil aksamının kuruması ve bitkinin sürgün verememesine neden olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak zararlının ergin ve larvalarının bitkinin yeşil aksamı ile doğrudan beslendiği, bitkinin çeşitli parçalarını (kök, kök boğazı, gövde ve yapraklar) yeme sureti ile ortadan kaldırıldığı tespit edilmiştir. Buna dair görseller Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. Bitki kök ve kök boğazında beslenen larvalar
Figure 8. Larvae feeding on plant roots and root collars

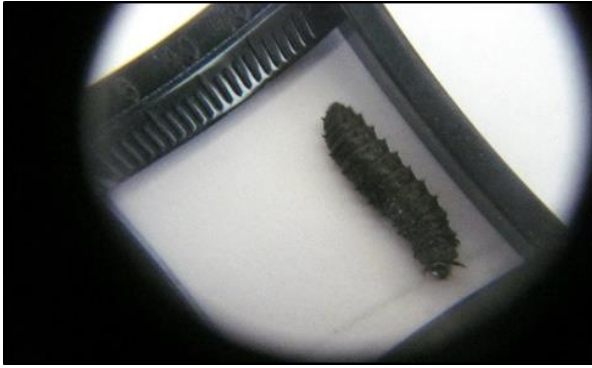
Çalışmanın yürütüldüğü alanlardan alınan zararlının canlı örnekleri (larvalar ve ergin bireyler) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında 25°C sıcaklıkta, %60 bağıl nem koşullarında, 18 saat aydınlık ve altı saat karanlık koşullar altında kültüre alınmıştır. Randlkofer vd. (2009), yaptıkları çalışmada larvaların yetiştirilmesi amacıyla zararlının beslendiği bitki parçalarının yetiştirme kütvetlerine konulması yöntemi kullanılmıştır. Larva ve yetişkin bireylerin beslenmesi amacıyla buldukları yetiştirme kütvetlerinin tabanı *O. onites* (Denizli Kekiği) kök, sap ve yaprakları ile kaplanmıştır. Bitkiler tabanı delinmiş saksılarda, plastik kütvetler içerisinde belirli aralıklarla (toprak kurudukça) kütvete su verilerek yetiştirilmiştir. Mümkün olduğunca bitkinin yetişmesi gerekli olan doğal ortamlar (koşullar) sağlanmaya çalışılmıştır. Bu sırada çalışmanın yürütüldüğü ormana sınırı bulunan arazilerden alınan zararlıların gelişimleri takip edilmiştir. Zararlı türün larvaları laboratuvarında

gözlemlenmiştir. Buna dair görseller Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. *O. onites* üzerindeki zararlı türler
Figure 9. Harmful species on *O. Onites*

Türün pupaları yaklaşık üç haftalık bir süreden sonra ergin hale gelmiştir. Pupa döneminde olan ve ergin hale gelen bireylere dair görseller Şekil 11'de sunulmuştur.



Şekil 10. Zararlının lup altındaki görüntüsü
Figure 10. Image of the pest under the loop



Şekil 11. *G. tanaceti* pupa ve ergin bireyleri
Figure 11. *G. tanaceti* pupa and adult individuals

Laboratuvar koşullarında kültüre alınıp, larvadan ergin hale gelen bireyler üzerinden yaptırılan tür teşhisinde zararlı türün *Galeruca tanaceti* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada araziye böceklerin yakalanması amacıyla kurulan sirke ve pekmezli tuzaklarda yakalanan ergin bireylerin de *G. tanaceti* olduğu anlaşılmıştır. Farklı değişken içeriklere sahip (şarap, antifreez ve şeker) bu tuzaklara yakalanan ergin *G. tanaceti* bireylerinin sayım sonuçları Çizelge 7'de sunulmuştur.

Sirke ve pekmezli besin tuzağı-1'in, 2 ve 3 numaralı sirke ve pekmezli besin tuzaklarına göre *G. tanaceti* ergin bireylerini daha çok cezbediği tespit edilmiştir. Tuzaklarda Mart ve Nisan aylarında *G. tanaceti* bireyinin bulunmaması ergin çıkışlarının mayıs ayı ile birlikte olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7. Besin tuzaklarına yakalanan *G. tanaceti* ergin sayımları

Table 7. Number of *G. tanaceti* adults caught in food traps

	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Sirke ve Pekmezli Besin Tuzağı-1	0	0	9	21	30
Sirke ve Pekmezli Besin Tuzağı-2	0	0	4	9	13
Sirke ve Pekmezli Besin Tuzağı-3	0	0	7	15	22
Toplam	0	0	20	45	65

Galeruca tanaceti, birden fazla bitki türü ile beslenebilen polifag bir türdür. Siew, (1966) tarafından *G. tanaceti*'nin Asteraceae (Papatyagiller) familyasından, *Tanacetum vulgare* (Solucanotu), *Achillea millefolium* (Civanperçemi), *Centaurea nigra* (Peygamber çiçeği), *Tussilago farfara* (Öksürük otu), *Cirsium arvense* (Köyğöçüren), Brassicaceae (Turpgiller) familyasından, *Cardamine pratensis* (Çayır Köpükotu), *Sinapis arvensis* (Yabani hardal) ve Rosaceae familyasından *Potentilla ausarina* (Kazparmakotu), Lamiaceae familyasından *Thymus serpyllum* (Yabani kekik), Plantaginaceae familyasından *Veronica* spp.(Yavşan otu) ve Hypericaceae familyasından *Hypericum perforatum* (Sarı kantaron) beslendiği bildirilmiştir.

Galeruca tanaceti'nin dişi bireylerinin güz döneminde beslendiği ve bitki örtüsü içinde, çoğunlukla bitki sapları olmak üzere, kuru dikey yapıların üzerine yumurtladığı bildirilmiş olup, larvalarının bitki üzerinde bulunduğu belirtilmiştir (Meiners vd., 2006). Benzer şekilde çalışmada *O. onites* üzerinde *G. tanaceti* larva ve ergin bireyleri gözlemlenmiştir. *G. tanaceti*'nin larvaları siyah renklidir (Şekil 12). Türün erginleri koyu kahverengi olup, yaklaşık 6-8 mm uzunluğunda olduğu kaydedilmiştir (Şekil 12). *G. tanaceti* ile ilgili yapılan bir

çalışmada türün erginlerinin vücut yapılarının ovalimsi hafif yassı olduğu, antenleri uzun ve segmentli olduğu kaydedilmektedir. Aynı çalışmada zararlı yılda bir döl vermekte olup, türün ergin ve larvaları beslenebilmekte olduğu bildirilmiştir (Jolivet vd., 2002). Yapılan çalışmada türün erginlerinin yeşil aksam üzerinde, türün larvalarının ise bitkinin tüm aksamı ile beslendiği gözlemlenmiştir.

Tür hakkında yapılan bir çalışmada zararlının larva tipinin campodeid, ağız tipinin çiğneyici, pupa tipinin mumya tipi olduğu bildirilmiştir (Cox, 1996).



Şekil 12. *G. tanacetii*'nin larvası
Figure 12. Larva of *G. tanacetii*

Çalışmanın yürütüldüğü yedi parselde, her parselde 1 200 dalda, (sürgünde) yani 100 ocakta sayım yapılmıştır. (Çalışmanın yürütüldüğü alanlardaki kekik bitkisi yaklaşık 4 yaşında olup her ocakta ortalama 12 adet dal (sürgün) bulunmaktadır) Yapılan gözlemlerde orman sınırı olmayan araziler haricindeki her 10 ocaktan yaklaşık yedisinde *G. tanacetii* larva ve erginine rastlanmıştır. Mart, nisan ve mayıs aylarında toplamda altı arazi çıkışı yapılmıştır. Haziran ayı ilk haftası itibarı ile kekik hasadı gerçekleşmiştir. Arazi çıkışlarında *G. tanacetii*'nin larva ve ergin birey sayımları yapılmıştır. Mart, nisan ve mayıs aylarında sırası ile Çizelge 8, Çizelge 9 ve Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 8. Mart ayı bitki başına düşen larva ve ergin Sayısı

Table 8. Number of larvae and adults per plant in March

Arazi No	Larva Sayısı	Ergin Sayısı
1	4.45 \approx 4 larva	0
2	2.84 \approx 3 larva	0
3	4.72 \approx 5 larva	0
4	2.63 \approx 3 larva	0
5	5.40 \approx 5 larva	0
6	0	0
7	0	0

Çizelge 9. Nisan ayı bitki başına düşen larva ve ergin sayısı

Table 9. Number of larvae and adults per plant in April

Arazi No	Larva Sayısı	Ergin Sayısı
1	5.55 \approx 5 larva	3.55 \approx 4 ergin
2	3.48 \approx 3 larva	2.34 \approx 2 ergin
3	4.95 \approx 5 larva	4.23 \approx 4 ergin
4	2.32 \approx 2 larva	2.53 \approx 3 ergin
5	5.40 \approx 5 larva	5.25 \approx 5 ergin
6	0	0
7	0	0

Çizelge 10. Mayıs ayı bitki başına düşen larva ve ergin sayısı

Table 10. Number of larvae and adults per plant in May

Arazi No	Larva Sayısı	Ergin Sayısı
1	4.45 \approx 4 larva	5.48 \approx 5 Ergin
2	2.45 \approx 2 larva	4.20 \approx 4 Ergin
3	3.42 \approx 3 larva	4.30 \approx 4 Ergin
4	2.63 \approx 3 larva	3.45 \approx 3 Ergin
5	3.47 \approx 3 larva	5.60 \approx 6 Ergin
6	0	0
7	0	0

Çizelge 8'de görüldüğü üzere mart ayında türün larvalarına rastlanıp ergin bireylere rastlanmadığı görülmüştür. Çizelge 9'da Nisan ayında türün hem larva hem de ergin bireylere rastlandığı, bu dönemde larvaların ergin bireylere göre daha yoğun olduğu görülmektedir. Çizelge 10'da mayıs ayından kekik hasadına kadar olan dönemde (haziran ayı başına kadar) ise ergin bireylerin larvalardan daha yoğun olduğu görülmektedir.

Galerica tanacetii'den kaynaklanan *O. onites*'te meydana gelen hasar kekik sezonu boyunca %80'dir. Yani her on ocaktan altı tanesi tamamen kurumuş, geriye kalan dört ocakta bulunan ortalama 12 adet daldan (sürgünün) dört ila sekiz tanesi zarar görmüştür. Kekik sezonu boyunca meydana gelen %80 oranındaki hasarın %60'lık kısmı mart ayının başı ve Nisan ayının ortasına kadar olan dönemde türün larvaları tarafından meydana getirilmektedir. Nisan ayının sonundan kekik hasadına kadar olan dönemde (Haziran'ın ilk haftasına kadar olan dönemde) türün larvaları ve ergin bireylerin oluşturduğu zararlanma ise hasarın %20'sini oluşturmaktadır.

3.1. Ormana Sınırı Bulunmayan Arazilerde Yapılan Gözlemlerdeki Zararlı Türler

Bölge faunasında yaşayan türlere ek olarak atrap yöntemi ile yakalanan Orthoptera takımına bağlı Tettigonidae familyasından *Poecilimon* spp. (Fischer) (Yeşil çekirge) ve Lepidoptera takımından Noctuidae familyasından *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Yeşil kurt), orman sınırı olmayan arazilerde rastlanılmıştır. Arazilerde bulunan yeşil çekirge ve yeşil kurt bireylere dair görseller Şekil 13'te sunulmuştur. Teşhisler Prof. Dr. İsmail KARACA tarafından yapılmıştır.



Şekil 13. Orman sınırı bulunmayan arazilerde tespit edilen böcekler

Figure 13. Insects detected in areas without forest boundaries

Arazide atrap yöntemi ile orman sınırı bulunmayan arazilerde Mart ayında sadece toplamda dört adet yeşil çekirge ve toplamda üç adet yeşil kurt bireyleri gözlemlenmiştir. Nisan ayında yeşil kurttan toplamda dokuz birey, yeşil çekirgeden toplamda 10 birey gözlemlenmiştir. Mayıs ayında yeşil kurttan 11, yeşil çekirgeden 15 birey kaydedilmiştir. Bu türlerin popülasyon yoğunluğu düşük olduğu için orman sınırı olmayan arazilerde ciddi bir ekonomik kayıp oluşturmamıştır. Bitkiler incelendiğinde oldukça canlı ve sağlıklı olduğu görülmüştür. *Origanum onites* üzerinde yeşil çekirge ve yeşil kurt türlerinin görüldüğü ve bu türlerin, bitkinin yaprak ve çiçeklerine zarar vererek verim ve kaliteyi düşürdüğü kaydedilmiştir (Uyanık vd., 2005). Ancak, Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde yeşil kurt (*Helicoverpa armigera*)'un *O. onites* sahalarında 2016 yılı haricinde, yeşil çekirge türlerinin ise 2018 yılı haricinde ekonomik olarak zarar oluşturacak düzeyde görülmediği, 2016 ve 2018 yıllarında meydana gelen bu ekonomik kayıpların kekik sahalarında yer yer ve dar alanlarda olduğu bilgisi alınmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü 2023 yılında zararlılar ekonomik anlamda zarar oluşturacak düzeye gelmediği gözlemlenmiştir.

4. Sonuç

Galeruca tanacetii L. (Coleoptera: Chrysomelidae) Türkiye'nin yedi bölgesinin dördüne ait 10 ilde tespit edilmiştir. Bu iller Ankara, Çorum, Erzurum, Eskisehir, Isparta, Kars, Kastamonu, Ordu, Sinop ve Çankırı olarak kaydedilmiştir (Bal vd., 2018). Buna ek olarak Cılbırcıoğlu (2013), Türkiye'de soğan yetiştiriciliği yapılan alanlarda *G. tanacetii*'nin zararlı olduğunu bildirmiştir. Çalışma, zararlı türün Denizli'de görülmesi ve zararlının *Origanum onites* L. (Lamiaceae) üzerinde beslenmesi gözlemleri ilk kayıt niteliği taşımaktadır.

Dolayısıyla, yapılan çalışma bu yönüyle özgün değeri açısından ayrı bir önem arz etmektedir.

Galeruca tanacetii'nin kekik bitkisi üzerinde beslendiği ilk kez Yunanistan'da yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir. Girit'te yetiştiriciliği yapılan *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) kekik türü özelinde yürütülen çalışmada, *G. tanacetii*'nin kekik üzerinde ciddi oranlarda (%70'e varan) ekonomik kayıplar oluşturduğu bildirilmiştir (Roditakis vd., 2006). Bölgede adı geçen zararlı tarafından sebep olunan bu ekonomik kayıplar sonrasında çiftçiler alternatif ürün yetiştiriciliğine yönelmiştir. Bu çalışmanın yürütüldüğü alanlarda (Denizli, Güney, Aydoğdu Mahallesi) 1990 yılından bu yana tütün yetiştiriciliğine alternatif olarak kekik yetiştiriciliği yapılmaktadır (Dereli vd., 2023). Ancak zararlı kaynaklı olarak 2022 yılında yeniden alternatif bitkilerin (başta tütün olmak üzere, arpa, buğday, nohut vs. gibi) yetiştiriciliğine başlanmıştır. Türkiye'de *G. tanacetii*'nin *Origanum onites*'te beslendiği ve zarar yaptığı ilk kez bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Yunanistan'da yapılan bir çalışmada, *O. vulgare*'nin bitki dokusunda fenolik bileşiklerin ve uçucu yağların bulunması sebebiyle hastalık ve zararlılardan kaynaklı ciddi bir ekonomik kayıpların olmayacağı öngörülmüştür. Bundan dolayı kekiğin organik bir şekilde yetiştiriciliğinin yapıldığını ancak zaman içerisinde kekik ile beslenen *G. tanacetii*'nin ortaya çıkarak ekonomik kayıplar oluşturduğu bildirilmiştir (Roditakis vd., 2006). Benzer şekilde, bu çalışmada Denizli'de organik kekik üreticiliği yapılırken ortaya çıkan zararlı *G. tanacetii* nedeniyle zararlıya karşı önlem alınamamaktadır. Tıbbi ve aromatik bir bitki olan *O. onites*'te kimyasal kullanımı yasak olup, bitkide meydana gelebilecek hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile mücadelede tavsiyeli bir bitki koruma ürünü bulunmamaktadır. Dolayısı ile *Origanum onites*'te görülen *Galeruca tanacetii*'nin mücadelesinde kimyasal mücadeleye alternatif savaşım yöntemleri ile zararlının mücadelesi yapılmalıdır.

Çalışmada üç farklı içerik ile hazırlanan besin tuzakları zararlı türün erginlerini yakalamak amacıyla kullanılmıştır. Sirke ve pekmezli besin tuzağı- 1'in diğer tuzaklara göre daha fazla *G. tanacetii* ergini çekmesinden dolayı zararlının mücadelesinde kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır. Besin tuzakları vasıtasıyla adı geçen zararlının yakalanması sayesinde vejetasyon döneminde yeşil aksam ile beslenmesi sonucu oluşan zararlıların popülasyon yoğunluğunun azaltılması ve bir sonraki yetiştirme sezonunda bu tuzakların zararlının ekonomik zarar eşliğinin altında tutulması amacıyla kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Kekiğin içerisindeki doğal bileşikler sebebiyle böceklerin kekik ile beslenmeyi tercih etmemesi gerekmektedir. Ancak Friedrichs vd. (2022), yaptığı çalışmada *G. tanacetii*'nin bitki savunma mekanizmalarına karşı koyabilecek metabolik yeteneğe sahip olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmaya ek olarak yapılan bir başka çalışmada *G. tanacetii*'nin otsu bitkilerin zararlısı olduğunu ve konukçu bitkinin savunmasını aşmak için uygun davranışsal ve biyokimyasal stratejiler

geliştirdiğini bildirilmiştir (Roditakis vd., 2006). Barınma davranışı, beslenme zamanlaması ve yer değiştirme mekanizmaları zararlının davranışsal stratejilerini oluştururken detoksifikasyon enzimleri (toksik maddeleri zararsız hale getiren ve atılmasını sağlayan enzimler) ve antioksidan mekanizmaları (oksidatif stresi önleyen süreçler) sayesinde bitki savunma mekanizmalarından korunması ise biyokimyasal stratejiler arasında yer aldığı bildirilmiştir (Despres vd., 2007). Yapılan tez çalışmasında *G. tanacetii*'nin *O. onites* ile beslendiğinin tespiti, kekik gibi savunma kimyasalları yüksek oranda bulunan bitkilerle beslenebilmesini ve hayatta kalabilmesini Roditakis vd. (2006), Despres vd. (2007)'in çalışmaları ile açıklanabilmektedir.

Çalışmada *G. tanacetii* zararlısının, Lamiaceae familyası içerisinde yer alan *O. onites* ile beslendiği tespit edilmiştir. Lühmann (1939); Prevett (1953); Obermaier vd. (1999) yaptıkları çalışmalarda *G. tanacetii*'nin Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Dipsacaceae, Liliaceae, Lamiaceae, Polygonaceae ve Solanaceae familyalarına ait bitki türleriyle beslendiklerini bildirmişlerdir. Bu familyalara ait bitki türlerinin pek çoğu (papatya, hardal otu, çöven, karanfil, zambak, nane, adaçayı, fesleğen, kekik, labada, çoban değneği, it üzümü, köpek üzümü ve datura türleri) Denizli'nin Güney ilçesinde bulunan orman florasında bulunmaktadır. Dolayısı ile çalışmanın yürütüldüğü orman sınırı arazilerde, zararlının ormandan *O. onites* üretim sahalarına geçerek ekonomik kayıp/ lar meydana getirmesi olasıdır. Böcek türlerini belirlemek amacıyla kurulan tuzakların "Çiftçiler ile Görüşmeler" bölümünde de belirtildiği üzere çalışmanın ormana sınırı olan kekik üretim alanlarında yapılması *G. tanacetii*'nin tespit edilmesinde etkili olmuştur.

Origanum onites üzerinde *G. tanacetii*'nin yoğun beslenmesi neticesinde çalışmanın yürütüldüğü alanlarda yeşil kurt ve yeşil çekirge türlerinin epidemiy yapmadığı, bu zararlıların *G. tanacetii*'nin yoğun beslenmesine bağlı olarak beslenme alanı bulamadığı gözlemlenmiştir.

Türkiye'de *O. onites* üzerinde ilk kez zarar oluşturduğu tespit edilen *G. tanacetii*'nin bu zararı tarafımızca, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının "Yeni Zararlı Organizma Bildirim Formu" işlenerek kayıt altına alınmış ve bilim dünyasına duyurulmuştur.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Anıl Berke YILMAZ'ın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Anonim (2023). Bereketli Topraklarda Yetişen Denizli Kekigi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Denizli İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://denizli.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2023-Denizli-Kekik-Uretimi.pdf>. (Son erişim tarihi: 21 Temmuz 2024)
- BAKAP (2023). Başkent Ankara Kalkınma Projesi. <https://bakap.ankara.bel.tr/kekik-yetistiriciligi-nasil-yapilir/> (Son erişim tarihi: 21 Temmuz 2024)
- Bal, N., Özdikmen, H., & Kıyak, S. (2018). Thirty new leaf beetles for the fauna of Çankırı province in Turkey (Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 13(2).
- Boztaş, G., Avcı, A. B., Arabacı, O., & Bayram, E. (2021). Tıbbi ve aromatik bitkilerin dünyadaki ve Türkiye'deki ekonomik durumu. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 27-33.
- Brinckmann, J. A., Kathe, W., Berkhoudt, K., Harter, D. E., & Schippmann, U. (2022). A new global estimation of medicinal and aromatic plant species in commercial cultivation and their conservation status. *Economic Botany*, 76(3), 319-333.
- Ceylan, A. (1995). *Tıbbi Bitkiler I*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Cilircioğlu, C. (2013). Harmful lepidoptera species associated with onion (*Allium cepa*) in Turkey. In *Entomology-2013, International Symposia on Entomology, Orlando-Florida, USA*.
- Cox, M. L. (1996). Insect predators of Chrysomelidae. In *Chrysomelidae biology*. (pp. 23-88)
- Demirezer, L. Ö. (2010). Bitkilerin tıpta kullanılması konusundaki sorumluluklarımız. *Bitkilerle Tedavi Sempozyumu*, 5(6), 87-88.
- Denizli Kültür ve Turizm Müdürlüğü (2023). Güney. <https://denizli.ktb.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 21 Temmuz 2024)
- Dereli, D. N., & Artukoğlu, M. (2023). Kekik üretimi, pazarlaması, sorunlar ve çözüm önerileri: Denizli İli örneği. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33(2), 209-219.
- Després, L., David, J. P., & Gallet, C. (2007). The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. *Trends in ecology & evolution*, 22(6), 298-307.
- Friedrichs, J., Schweiger, R., Geisler, S., Neumann, J. M., Sadzik, S. J., Niehaus, K., & Müller, C. (2022). Development of a polyphagous leaf beetle on different host plant species and its detoxification of glucosinolates. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 960850.
- Jolivet, P., & Verma, K. K. (2002). *Biology of leaf beetles*. cabidigitalibrary.org
- Lühmann, M. (1939). Beiträge zur Biologie der Chrysomeliden. 4. Beobachtungen an *Galeruca tanacetii* Lin. *Entomologische Blätter*, 35, 91-95.
- Meiners, T., Randlkofer, B., & Obermaier, E. (2006). Oviposition at low temperatures-late season negatively affects the leaf beetle *Galeruca tanacetii* (Coleoptera: Galerucinae) but not its specialised egg parasitoid *Oomyzus galerucivorus* (Hymenoptera: Eulophidae). *European Journal of Entomology*, 103(4), 765.
- Obermaier, E., & Zwölfer, H. (1999). Plant quality or quantity? Host exploitation strategies in three Chrysomelidae species associated with Asteraceae host plants. *Entomologia experimentalis et applicata*, 92(2), 165-177.
- Prevett, P. F. (1953). Notes on the feeding habits and life-history of *Galeruca tanacetii* L. (Col., Chrysomelidae). *Entomologist's Monthly Magazine*, 89, 292-293.
- Randlkofer, B., Jordan, F., Mitesser, O., Meiners, T., & Obermaier, E. (2009). Effect of vegetation density, height, and connectivity on the oviposition pattern of the leaf beetle *Galeruca tanacetii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 132(2), 134-146.
- Roditakis, E., & Roditakis, N. E. (2006). Note: First record of *Galeruca tanacetii* in organic *Origanum vulgare* in Crete. *Phytoparasitica*, 34, 486-487.
- Siew, Y. C. (1966). Some physiological aspects of adult reproductive diapause in *Galeruca tanacetii* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 118(11), 359-374.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (2022). Kekik Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%20KEKIK%20FIZIBILITE%20RAPORU.pdf> (Son erişim tarihi: 30 Mayıs 2024)
- Tezcan, S., Okyar, Z., & Beyaz, G. (2004). Manisa ilinde yetiştirilen kültür kekigi (*Origanum* spp.) (Lamiaceae)'ndeki Noctuidae

(Lepidoptera) familyası türleri. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 29-34.

Tezcan, S., Yıldırım, E., Anlaş, S., & Beyaz, G. (2006). Manisa ilinde kekik türlerinde (Lamiaceae) saptanan Hymenoptera türleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 55-62.

Tunca, Ö. Ü. H., & Yeşilyurt, E. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Kekik Raporu. *Denizli Ticaret Odası yayınları*.

TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Son erişim: tarihi: 04 Mayıs 2024).



Evaluating The Type I Error Rate Performances of Hsieh, F, and Kruskal-Wallis Tests Using Monte Carlo Simulation Technique

Malik Ergin^{1*}, Özgür Koşkan¹

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science – Isparta - Türkiye

*Corresponding author: malikergin@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Received: 27/08/2024

Accepted: 13/12/2024

Keywords: Analysis of variance, Hsieh test, Kruskal-Wallis test, Type I error rate

DOI: 10.55979/tjse.1539525

ABSTRACT

In this study, the Hsieh, Classical F, and Kruskal-Wallis tests were compared in terms of Type I error probabilities using samples generated from a two-parameter exponential distribution with various parameters and a $\chi^2_{(2)}$ distribution. Among the tests examined in the study, the Hsieh test was found to have higher Type I error probabilities compared to the Classical F and Kruskal-Wallis tests, indicating that it could not maintain the Type I error at the 5.0% level. The effect of this finding is more pronounced in small sample sizes and when the assumption of homogeneity of variance is not met. In addition, even in heterogeneous variance ratios, that Levene's test neglects, the Type I error rate of the Hsieh test reached 13.3%. In conclusion, the high probability of Type I error in the Hsieh test, especially in small sample sizes and when group variances are not homogeneous, restricts its usage.

Hsieh, F ve Kruskal-Wallis Testlerinin Monte Carlo Simülasyon Tekniği Kullanılarak I. Tip Hata Olasılıkları Bakımından Değerlendirilmesi

ARTICLE INFO

Alınış tarihi: 27/08/2024

Kabul tarihi: 13/12/2024

Anahtar Kelimeler: Varyans analizi, Hsieh testi, Kruskal-Wallis testi, I.tip hata olasılığı

DOI: 10.55979/tjse.1539525

ÖZET

Bu çalışmada, iki parametrelili üstel dağılımdan farklı parametrelerle ve $\chi^2_{(2)}$ dağılımından üretilen örnekler kullanılarak Hsieh, F ve Kruskal-Wallis testleri, I.tip hata olasılıkları açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmada incelenen testler arasında, Hsieh testinin I.tip hata olasılıklarının, Klasik F ve Kruskal-Wallis testlerine göre daha yüksek olduğu bulunmuş ve bu durum, I.tip hatayı %5 seviyesinde tutamadığını göstermektedir. Bu durum özellikle küçük örnek genişliklerinde ve varyansların homojenliği varsayımının sağlanmadığı durumlarda daha belirgin hale gelmektedir. Ayrıca, Levene testi tarafından göz ardı edilen heterojen varyans oranlarında bile, Hsieh testinin I.tip hata oranı %13.3'e ulaşmıştır. Sonuç olarak, Hsieh testindeki yüksek I.tip hata olasılığı, özellikle küçük örnek genişliklerinde ve grup varyanslarının homojen olmadığı durumlarda kullanımını sınırlamaktadır.

1. Introduction

The actual mean of robust statistical test is that it preserves a Type I error rate at the level of 5.0% and has statistical power close to the theoretical power, even when the observations in the given dataset may not satisfy to the assumptions of the test technique (Lix et al., 1996).

In this context, parametric tests are considered more robust; however, the requirement of satisfying their assumptions is emphasized. These assumptions can be summarized as follows:

- Normality of the observations in the dataset
- Homogeneity of the variances
- The data should be continuous

Analysis of Variance or in other words in the literature, the F test, is one of the parametric tests used to test the equality of more than two group means. Blanca et al. (2017) emphasized that the Classical F-test is a powerful test when observations deviate from normality to a moderate degree, when the assumed distribution of each group's population is the same, and when working with balanced and large sample sizes. However, in this point,

the researchers can be misguided by factors such as the degree of skewness in the distribution or presence of large sample sizes. In relation to that, Cessie et al. (2020) found that Student – t test is robust when the sample size of each group is equal and more than 25.

In the case of not satisfying the assumptions of the Classical F test, it is a reality that the obtained results do not reflect the truth. As well known, in the hypothesis set at the beginning of the experiment, the null (H_0) hypothesis supports the observed differences among group means are coincidental. The failure to meet the assumptions will cause an increase in the Type I error probability, which was set at 5% at the beginning of the test. In other words, when there is no difference among the group means in truth, the probability of a difference will increase, and the null hypothesis will be rejected mistakenly. If the data distribution is non-normal, applying the Classical F test without considering the assumption of normality can lead to wrong estimation of the model parameters or a decrease in the test power to detect treatment effects (Nwobi & Akanno, 2021). In cases where data are some kinds of random sample from

population which is distributed as beta, gamma, exponential, Weibull., etc., researchers often encounter difficulties in making the correct decision regarding whether to apply transformations and continue with the Classical F test or to directly apply non-parametric tests (Hammouri et al., 2020). Another option, if the assumptions are not met, is to use parametric alternative tests. In the literature, there are different parametric alternative tests such as Welch F, Brown – Forsythe, Wilcoxon Hm, James second-order, Alexander – Govern and Marascuilo tests (Mendes, 2002). Author compared these parametric alternative tests in various distributions and simulation experiments in terms of type I error rate and test power by Monte Carlo simulation technique. Even though some of these tests are included in widely used package programs such as SPSS or Minitab, most of them can be conducted with libraries written in the R programming language.

Although transforming the data and then applying the classical F test is another option, some researchers who are not experts in statistics do not use appropriate transformation techniques. Wilcox (2002) reported that transformation techniques could be unable to cope with extreme values in the dataset and even some powerful transformation techniques cannot fit the observations to normal distribution.

Lix et al. (1996) reported that when non-normal distribution and heterogeneity of variances are together, using trimmed means for the location parameter and Winsorized variance for the scale parameter causes the test more robust. The use of non-parametric methods, such as the Kruskal – Wallis test, is also a frequently used method when assumptions are not met. Nonparametric methods do not have assumptions about the distribution of the data, but they are more sensitive to heterogeneity than parametric methods. However, even though non-parametric methods act independently of the assumptions of the distribution, they are very sensitive to high heterogeneity of variances. Hammouri et al. (2020) reported that using the general linear model for analysis of variance and regression, which does not require the assumption of normal distribution, may be an alternative option. On the other hand, Fan & Hancock (2012) reported that Robust Means Modelling approach is more consistent than classical F test in terms of type I error rate of skewed datasets.

In the literature, there are a lot of simulation studies in which alternative tests are evaluated by several researchers. These studies assess the type I error rate and test power in cases where the distribution shape is skewed, comparing group means (Koşkan & Gürbüz, 2009; Arıcı et al., 2011; Mendes & Yiğit, 2013; Çavuş & Yazıcı (2020); Hammouri et al., 2020) and it is still being investigated. Mendes & Yiğit (2013), compared classical F and ANOM tests with regards to type I error rate and test power in testing equality of the group means. The Hsieh test (also M statistic) that is fundamental point of this study, is a modified version of the likelihood ratio statistic under the H statistic. This test statistic developed by Hsieh (1986), a parametric approach that allows

testing the equality of the location parameters of populations demonstrating a two-parameter exponential distribution with different scale parameters. A study has been found in the literature where the classical F-test, which could serve as an alternative to the Hsieh test in the context of a two-parameter exponential distribution, was evaluated through simulation.

Çavuş & Yazıcı (2020) compared ANOVA, logT-ANOVA (Logarithmic transformed ANOVA), and the Hsieh test for testing the equality of the location parameters of three groups in terms of type I error rate and test power. They considered the two-parameter exponential distribution as a skewed distribution. In addition, Çavuş (2021) developed a library in R programming language named as doex that consists of several heteroscedastic tests. In this library, besides the analysis of variance, and several alternatives, Hsieh test function takes part also for two parameters exponential distribution.

Beta, Gamma, Weibull, Chi-Square, and Log-normal distributions are similar with two parameters exponential distribution. Currently, Monte Carlo technique has been studied on some distributions (Babacan & Kaya, 2020). As well known, the exponential distribution is a special form of Gama distribution. Due to this similar relationship, the solution to similar problems can also be achieved. There is another relationship for Gama distribution that forming Chi-Square distribution by ensuring that integers are positive (Kim et al., 2011). In studies which related agricultural data or theoretical sampling, two parameters exponential distribution as important as normal distribution (Maurya et al., 2011). As an illustration, in the livestock datasets, the milk yields at the lactation shows the exponential distribution.

There are also some approaches proposed in the literature for testing the equality of group means in populations having a two-parameter exponential distribution. Malekzadeh & Jafari (2020) suggested that confidence interval – based estimation approaches, parametric bootstrap, and methods based on p-values may be used for parameter estimation in the case of a two-parameter exponential distribution.

Ghosh & Razmpour (1984) compared several approaches to estimate the common location parameters in populations fit to the exponential distributions with unequal scale parameters, for small sample sizes. Zhuang & Bapat (2022) proposed approaches to hypothesis testing of location parameters for two populations that demonstrate a two-parameter exponential distribution, controlling for Type I and Type II errors. Pawlitschko (2024) compared several robust methods for estimating the location parameter of a two-parameter exponential distribution. Krishnamoorthy et al. (2020) examined various likelihood ratio tests to compare the scale and location parameters in populations with a two-parameter exponential distribution and to test the homogeneity of distributions in those populations. Li et al. (2015) studied on a statistical method, using confidence intervals they derived, to test the equality of means in populations

obtained from a two-parameter exponential distribution. Krishna & Goel (2018), used Bayesian approaches to estimate location and scale parameters on randomly censored data following a two-parameter exponential distribution. They reported that Bayesian approaches gave better results than maximum likelihood approaches via Monte Carlo simulation technique. Our literature research revealed that while the Hsieh test and its alternatives have been compared for testing the equality of group means in a two-parameter exponential distribution, their performance has not been evaluated in another distributions. Therefore, it is thought that this study may contribute to literature for evaluating various statistical tests comparing group means in skewed distributions.

In the present study, random numbers were generated from various two-parameter exponential distributions and a chi-square distribution with two degrees of freedom. Hsieh, Classical F, and Kruskal-Wallis tests were compared in terms of Type I error rate for testing the equality of means - medians of more than two groups in various simulation scenarios.

2. Material and Method

2.1. Simulation of random numbers

In the present study, random numbers generated from various two parameters exponential distribution and a chi-square distribution with two degrees of freedom were used, as summarized in Table 1. For manipulating parameters of the distribution in question, different combinations of variances and sample sizes were created. In the determination of group variances, the variance ratio of the last group has been manipulated with small values (such as 0.5 and 1.1). The reason for doing this is that in our preliminary simulation studies for the Hsieh test, as the variance ratio of the last group increases, the Type I error value becomes very high, and its comparison can be complex. The functions named *r2exp* and *rchisq* were used to generate random numbers from two parameters exponential distribution and a chi-square distribution, respectively. These functions are elements of the tolerance package (2010) and R Core Team (2023) which are developed in R programming language. Furthermore, for the Hsieh, Classical F test, and Kruskal-Wallis tests we used in the simulation program, we respectively employed the *HS* function derived from the *doex* package, the *oneway.test* function, and the *kruskal.test* function.

Table 1. Simulation design

Distributions: <i>r2exp(n, scale, location)</i> <i>rchisq(n, df)</i>	<i>r2exp(n,2,1)</i>	
	<i>r2exp(n,4,1)</i>	
	<i>r2exp(n,6,1)</i>	<i>rchisq(n, 2)</i>
	<i>r2exp(n,2,1.5)</i>	
	<i>r2exp(n,4,1.5)</i>	
	<i>r2exp(n,6,1.5)</i>	
Sample Size (n)	10,35,50	4,12,20,25
Variance Ratios		1.0, 1.05, 1.1
Number of Groups (k)	3, 4, and 5	
Number of simulations	20 000	

2.2. Hsieh test

The Hsieh test (also M statistic) that is fundamental point of this study, is a modified version of the likelihood ratio statistic under the H statistic. It is a parametric approach that allows testing the equality of the location parameters of populations demonstrating a two-parameter exponential distribution with different scale parameters. When the location parameter a is zero, a single-parameter exponential distribution is formed with a mean of b. This distribution, which consists of positive integers, is a right skewed distribution. The Hsieh test statistics with a $\chi^2_{(2k-2)}$ degree of freedom was presented in Equation (1).

$$T_H = -2 \sum_{j=1}^k (r_j - 1) \ln \left[\frac{S_j}{S_{j+} W_j} \right] \tag{1}$$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_k$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \dots \neq \mu_k$ or $\mu_1 \neq \mu_2 \dots = \mu_k$

If $T_H > \chi^2(2k - 2)$, H_0 (null hypothesis) will be rejected.

The probability density function is given in Equation (2) for two parameters of exponential distribution in question.

$$f(a, b) = \frac{1}{b} \exp \left(- \frac{x-a}{b} \right), x > b, a > 0 \tag{2}$$

Where:

a: location parameter (threshold),

b: scale parameter.

2.3. F test

The mathematical model for one-way analysis of variance (ANOVA), that is commonly used for comparing means of more than two groups with respect to a single factor, can be expressed as Equation 3. For reliable results, one must be met basic assumptions of the F test which can be described as normality of the residuals, homogeneity of the variances, additive effects of the factor levels and independence of the observations.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \tag{3}$$

Where:

Y_{ij} : the observed value for the j^{th} experimental unit in the i^{th} treatment group,

μ : overall population mean,

α_i : the effect of the i^{th} treatment group,

e_{ij} : random error term.

i and j: running from 1 to n

The hypothesis set that enables testing F distribution with $(k - 1)$ and $(N - k)$ degrees of freedom can be described as follows:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_k$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \dots \neq \mu_k$ or $\mu_1 \neq \mu_2 \dots = \mu_k$

(k: treatment groups in the experiment, N: number of total observations, μ_k : population mean).

If the calculated $F = \frac{\text{Mean Square Between Treatments}}{\text{Mean Square Error}}$ value, obtained after ANOVA, is greater than the critical F-table value with $(k - 1)$ and $(N - k)$ degrees of freedom, the null hypothesis (H_0) will be rejected.

2.4. Kruskal-Wallis

The Kruskal-Wallis (KW) test, which is one of the distribution-free tests, is frequently used to determine whether the differences among the medians of two or more groups are due to chance or not. Hypothesis set in the KW test where H statistic is used:

$$H_0: M_1 = M_2 \dots = M_k$$

$$H_1: M_1 \neq M_2 \dots \neq M_k \text{ or } M_1 \neq M_2 \dots = M_k$$

Where:

M_k is the median of the population

The H statistic can be calculated as Equation (4):

$$H = \left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_i} \right) - 3(N+1) \quad (4)$$

Where:

N: sum of sample size for all samples,

k: number of samples,

R_i : sum of ranks in the i^{th} sample,

n_i : size of the i^{th} sample

The probability of asserting that there is a difference among group means when the true means are equal is called the type I error rate. It means that it is a probability of rejecting the true null hypothesis (H_0). In this study, the predetermined type I error rate was fixed at %5.0 level. The simulation combinations which are tabulated in Table 1, were iterated 20 000 times. The rejected H_0 hypotheses were stored after 20 000 simulations, and the type I error rate (α) was calculated by dividing the number of rejected H_0 hypotheses by the total number of simulations. The conservative criterion proposed by Bradley (1978) with the range of $4.5 < \alpha < 5.5$ was considered when comparing tests in terms of type I error rate at a significance level of 5%.

3. Results and Discussion

The type I error rates calculated after simulation experiments conducted in various two parameters exponential distributions were shown in Table 3. In the case where the scale and location parameters were 2 and 1 respectively, and the sample sizes were 35 and 50, the type I error rates calculated after all three tests were within the Bradley's criteria. The HS test marginally deviated from Bradley criteria in the case of scale and location parameters were 4 and 1, respectively. Conversely, F and KW tests were in Bradley's criteria at

all sample sizes. When the scale and location parameters were set to 6 and 1 respectively, the F and KW tests remained within the Bradley criteria under all experiments. However, the HS test could only fall within Bradley's criteria when there was a large sample sizes, especially when each group contains 50 observations. In addition, the HS test was only met Bradley's criteria when sample size was 50 in each group and distribution combinations where the location parameter was 1.5 and scale parameters were 2, 4 and 6.

In addition, the number of groups was extended to four and five across all scenarios to examine whether this had a significant effect on the Type I error rate. The simulation results, based on random numbers derived from a two-parameter exponential distribution, showed that the Type I error rates for the F and KW tests were within or close to the Bradley criteria. For the HS test, the Type I error rates tended to meet the bounds of the Bradley criteria as the sample size increased. This pattern was observed in all combinations of location and scale parameters.

For small sample sizes ($n=10$), having four groups controlled the Type I error rates within the Bradley criteria only for the F and KW tests. In contrast, the HS test failed to control the Type I error rates within the criteria for any combination. When the number of groups increased to five, the Type I error rates for the HS and F tests approached the Bradley criteria only as the sample size increased. However, the KW test consistently exhibited Type I error rates close to 5% across all combinations of scale, location parameters, and sample sizes.

The variance ratios that can be neglected by the Levene test were considered to compare HS F and KW tests under the $\chi^2_{(2)}$ distribution in the sense of Type I error rate. Therefore, the variance ratio of the last group was manipulated by multiplying random numbers with 1.05 and 1.1 constants. The Levene test statistics (F-values) and p - values were presented in Table 2. The Levene test results were statistically significant in all combinations of sample sizes and variance ratios. This means that in cases where the variance ratios among groups can be considered small, even in the presence of heterogeneity, the Levene test has accepted the null hypothesis (H_0) and decided that the variances were homogeneous.

Table 2. F and p values of the Levene test

Parameters	Variance Ratios	F - value	p-value
$rchisq(4,2)$	1:1: 1.05	0.96	0.42
$rchisq(12,2)$	1:1: 1.05	0.31	0.73
$rchisq(20,2)$	1:1: 1.05	1.94	0.15
$rchisq(25,2)$	1:1: 1.05	1.57	0.21
$rchisq(4,2)$	1:1: 1.1	0.92	0.43
$rchisq(12,2)$	1:1: 1.1	0.37	0.70
$rchisq(20,2)$	1:1: 1.1	2.12	0.13
$rchisq(25,2)$	1:1: 1.1	1.72	0.19

The type I error rates of the HS test compared to the F and KW tests in cases of small heterogeneity, that can even be

neglected by the Levene test, were tabulated in Table 3. Even in cases where the variances were homogeneous, the F and KW tests were often close to or within the Bradley's criteria when the sample size was 12 or greater in each group. However, the HS test only approached Bradley's criteria (5.8%) when the sample size was 25 in each group. When the homogeneity of the variances was manipulated as 1:1:1.05 the type I error rate of the HS test reached 8% with sample size of 25 in each group. Contrary to this result, the KW test was found to be more conservative than other tests in the same sample size. When the variance ratios manipulated as 1:1:1.1, the type I error rates calculated after HS test simulations were bigger as the sample size increased. Conversely, the F and KW tests generally stayed within Bradley's criteria.

As the number of groups increased, the Type I error rates of the HS test also increased in scenarios with homogeneous variances. Although Type I error rates decreased as the sample size increased, the HS test failed to meet the Bradley criteria. In contrast, the F and KW tests produced similar results, with Type I error rates calculated within the acceptable bounds. When there were insignificant or small deviations in homogeneity, the Type I error rates of the HS test increased significantly, particularly as the sample size increased. Moreover, the Type I error rates for the F and KW tests remained within or very close to the Bradley criteria, as expected.

Even though there are several studies in the literature that compare the performance of the HS test in two-parameter exponential distributions, the lack of simulation studies on its performance in other theoretical distribution is a limitation of our study. However, this study can be evaluated with some literature. In the case of a two-parameter exponential distribution with scale and location parameters of 2 and 1 respectively, the HS test was only within Bradley's criteria for large sample sizes. This result shows similarity to the study performed by Çavuş & Yazıcı (2020). They compared HS, LT-ANOVA and F tests in terms of type I error rate in two parameters exponential distribution that considered as skewed distribution. Çavuş and Yazıcı (2020) reported that HS test could not control type I error rate in small sample sizes. In addition, authors stated that both the F and KW tests tend to maintain type I error rate as the sample size increases. Furthermore, Lantz (2013) emphasized that the type I error rate of the Welch test were deviated from 5.0% compared with the F and KW tests in exponential distribution. The author's specific focus on unbalanced sample sizes leads to this situation. In a previous study that evaluated Type I error rates in group comparisons using Monte Carlo simulation, the authors reported that the F-test yielded acceptable Type I error rates in terms of Bradley's criteria when variances were heterogeneous (Mendes and Yiğit, 2013). These findings are consistent with our results, as expected.

Table 3. Type I error rates (%) of the tests with different parameters of two parameters exponential distribution.

Parameters <i>r2exp(n,scale,location)</i>	HS			F			KW		
	k=3	k=4	k=5	k=3	k=4	k=5	k=3	k=4	k=5
r2exp(10,2,1)	7.52	7.64	7.91	4.19	5.44	6.09	4.54	4.365	4.37
r2exp(35,2,1)	5.32	5.69	6.13	5.17	5.92	6.14	4.98	5.02	5.00
r2exp(50,2,1)	5.42	5.65	5.60	4.94	5.47	6.00	4.84	4.695	4.90
r2exp(10,4,1)	7.41	7.89	8.41	4.50	5.25	6.47	4.52	4.605	4.43
r2exp(35,4,1)	5.55	5.84	5.93	5.19	5.64	6.45	4.80	4.93	5.13
r2exp(50,4,1)	5.68	5.39	5.65	5.35	5.42	6.00	5.04	4.73	4.82
r2exp(10,6,1)	7.82	7.45	8.54	4.57	5.17	6.39	4.69	4.36	4.49
r2exp(35,6,1)	5.55	5.84	5.92	4.90	5.59	5.98	4.83	4.73	4.81
r2exp(50,6,1)	5.48	5.60	5.96	5.13	5.66	5.85	4.92	5.15	4.94
r2exp(10,2,1.5)	7.72	8.04	8.35	4.86	5.59	6.33	4.59	4.52	4.40
r2exp(35,2,1.5)	5.63	5.715	5.94	5.49	5.76	5.93	4.94	4.84	4.89
r2exp(50,2,1.5)	5.52	5.27	5.43	5.06	5.45	5.87	4.78	4.88	4.82
r2exp(10,4,1.5)	7.28	7.75	8.32	4.55	5.38	6.28	4.38	4.54	4.44
r2exp(35,4,1.5)	6.03	5.93	5.92	5.31	5.69	6.34	4.88	4.75	4.83
r2exp(50,4,1.5)	5.48	5.69	5.71	5.35	5.65	5.81	5.02	4.91	5.00
r2exp(10,6,1.5)	7.12	8.03	7.96	4.33	5.41	6.38	4.17	4.44	4.47
r2exp(35,6,1.5)	5.56	6.01	5.38	5.35	5.80	6.22	5.10	4.81	4.88
r2exp(50,6,1.5)	5.45	5.53	5.45	5.32	5.67	6.01	5.10	4.88	5.00

4. Conclusion

At the beginning of the study, the heterogeneity of group variances was manipulated to a greater level. However, in these cases, the HS test's sensitivity to type I error rates was significantly affected, leading to a reduction in the magnitude of variance heterogeneity. One of the

significant results of this study was that even in cases of small heterogeneity that the Levene test could neglect, the HS test exhibited higher type I error rates compared to the F and KW tests. This suggests that the HS test is highly sensitive to the disruption of variance homogeneity, even at low levels. In the present study, several groups were

examined in all combinations and concluded that an increase in the number of groups negatively affected the HS test in terms of Type I error rates.

Conflict of Interest

Authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution:

The authors declare that they have contributed equally to the article.

5. References

- Arcı, K. Y., Özkan, M. M., & Kocabaş, Z. (2011). Comparison of Kruskal-Wallis test and transformed variance analysis in heterogeneous variance groups. *7th National Zootechnical Student Congress*. September 14-16, Adana, 14-16.
- Babacan, E. K., & Kaya, S. (2020). Comparison of parameter estimation methods in Weibull Distribution. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(3), 1609-1621.
- Blanca Mena, M. J., Alarcón Postigo, R., Arnau Gras, J., Bono Cabré, R., & Bendayan, R. (2017). Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, 29(4), 552-557. doi.org/10.7334/psicothema2016.383
- Bradley, J. V. (1978). Robustness? *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 31(2), 144-152. doi.org/10.1111/j.2044-8317.1978.tb00581.x
- Cavus, M. (2021). Testing the equality of normal distributed and independent groups' means under unequal variances by doex package. *The R Journal*, 12(2), 134-154.
- Cavuş, M., & Yazıcı, B. (2020). Comparison of Hsieh test and ANOVA for logtransformed on income data. *20th International Symposium on Econometrics, Operational Research and Statistics*. February 12-14, Ankara, 152-158.
- Cessie, S., Goeman, J. J., & Dekkers, O.M. (2020). Who is afraid of non-normal data? Choosing between parametric and non-parametric tests. *European Journal of Endocrinology*, 182(2), 1-3. doi.org/10.1530/EJE-19-0922
- Fan, W., & Hancock, G. R. (2012). Robust means modeling: An alternative for hypothesis testing of independent means under variance heterogeneity and nonnormality. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 37(1), 137-156. doi.org/10.3102/1076998610396897
- Ghosh, M., & Razmpour, A. (1984). Estimation of the common location parameter of several exponentials. *Sankhya: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 46(3), 383-394.
- Hammouri, H. M., Sabo, R. T., Alsaadawi, R., & Kheirallah, K. A. (2020). Handling skewed data: A comparison of two popular methods. *Applied Sciences*, 10(18), 6247. doi.org/10.3390/app10186247
- Hsieh, H. K. (1986). An exact test for comparing location parameters of k exponential distributions with unequal scales based on type II censored data. *Technometrics*, 28(2), 157-164. doi.org/10.1080/00401706.1986.10488117
- Kim, B. S., Park, S. G., You, Y. K., & Jung, S. I. (2011). *Probability & statistics for engineers & scientists*. New York, Pearson.
- Koskan, Ö., & Gürbüz F. (2009). Comparison of F test and resampling approach for type I error rate and test power by simulation method. *Journal of Agricultural Science*, 15(1), 105-111.
- Krishna, H., & Goel, N. (2018). Classical and Bayesian inference in two parameter exponential distribution with randomly censored data. *Computational Statistics*, 33, 249-275. doi.org/10.1007/s00180-017-0725-3
- Krishnamoorthy, K., Nguyen, T., & Sang, Y. (2020). Tests for comparing several two-parameter exponential distributions based on uncensored/censored samples. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 19(2), 248-260. doi.org/10.2991/jsta.d.200512.001
- Lantz, B. (2013). The impact of sample non-normality on ANOVA and alternative methods. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 66(2), 224-244. doi.org/10.1111/j.2044-8317.2012.02047.x
- Li, J., Song, W., & Shi, J. (2015). Parametric bootstrap simultaneous confidence intervals for differences of means from several two-parameter exponential distributions. *Statistics & Probability Letters*, 106, 39-45. doi.org/10.1016/j.spl.2015.07.002
- Lix, L. M., Keselman, J. C., & Keselman, H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research*, 66(4), 579-619. doi.org/10.3102/0034654306600457
- Malekzadeh, A., & Jafari, A. A. (2020). Inference on the equality means of several two-parameter exponential distributions under progressively Type II censoring. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 49(12), 3196-3211. doi.org/10.1080/03610918.2018.1538452
- Maurya, V., Goyal, A., & Gill, A. N. (2011). Simultaneous testing for the successive differences of exponential location parameters under heteroscedasticity. *Statistics & Probability Letters*, 81(10), 1507-1517. doi.org/10.1016/j.spl.2011.05.010
- Mendeş, M. (2002). *The Comparison of some alternative parametric tests to one - way analysis of variance about Type I error rates and power of test under non - normality and heterogeneity of variance*. (PhD thesis, Ankara University).
- Mendeş, M., & Yiğit, S. (2013). Comparison of ANOVA-F and ANOM tests with regard to type I error rate and test power. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 83(11), 2093-2104. doi.org/10.1080/00949655.2012.679942
- Nwobi, F. N., & Akanno, F. C. (2021). Power comparison of ANOVA and Kruskal-Wallis tests when error assumptions are violated. *Advances in Methodology and Statistics / Metodološki zvezki*, 18(2), 53-71. doi.org/10.51936/ltgt2135
- Pawlitschko, J. (2001). Robust estimation of the location parameter from a two-parameter exponential distribution (No. 2001, 36). Technical Report.
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <https://www.R-project.org/>
- Wilcox, R. R. (2002). Understanding the practical advantages of modern ANOVA methods. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 31(3), 399-412.
- Young, D. S. (2010). Tolerance: an R package for estimating tolerance intervals. *Journal of Statistical Software*, 36, 1-39. doi.org/10.18637/jss.v036.i05
- Zhuang, Y., & Bapat, S.R. (2022). On comparing locations of two-parameter exponential distributions using sequential sampling with applications in cancer research. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 51(10), 6114-6135. doi.org/10.1080/03610918.2020.1794007



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Isparta Ekolojik Koşullarında Farklı Hasat Zamanlarında Yer Elmasının (*Helianthus tuberosus* L.) Hasıl Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Rabia Yılmaz¹, Cahit Balabanlı¹, Emre Bıçakçı^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: emrebicakci@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 28/10/2024

Kabul tarihi: 18/12/2024

Anahtar Kelimeler: Hasat zamanı, Yem kalitesi, Yem verimi, Yer Elması

DOI: 10.55979/tjse.1575079

ÖZET

Bu çalışma, Isparta ekolojik koşullarında kırmızı ve beyaz renkli 2 farklı yer elması (*Helianthus tuberosus* L.) popülasyonunun farklı hasat zamanlarındaki (çiçeklenme başlangıcı, %50 çiçeklenme, tam çiçeklenme) yem verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2023 yılı vejetasyon döneminde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarımsal Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanlarında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırmada yer elması popülasyonlarının bitki boyu, bitki gövde çapı, bitkide yaprak sayısı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, dekara yumru verimi, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein oranı ve ham protein verimi özellikleri incelenmiştir. Yem verimi ve kalitesi açısından yer elmasının çiçeklenme başlangıcı ve %50 çiçeklenme döneminde; yumru verimi yönünden değerlendirildiğinde ise tam çiçeklenme döneminde hasat edilmesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır. En yüksek yaprak genişliği (9.91 cm) ve ham protein oranı (%6.62) değerleri kırmızı yumru popülasyondan; en yüksek kuru ot verimi (559.63 kg/da) ise beyaz yumru popülasyondan elde edilmiştir. Ayrıca yem verimi yönünden beyaz yumru popülasyonun, yem kalitesi açısından ise kırmızı yumru popülasyonun daha yüksek performansa sahip olduğu belirlenmiştir.

Determination of the Green Forage Yield and Quality Characteristics of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) at Different Harvesting Times in Isparta Ecological Conditions

ARTICLE INFO

Received: 28/10/2024

Accepted: 18/12/2024

Keywords: Harvest time, Fodder quality, Fodder efficiency, Jerusalem Artichoke

DOI: 10.55979/tjse.1575079

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of different harvest times (beginning of flowering, 50% flowering, full flowering) on feed efficiency and quality characteristics in two local Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) populations (red and white tuber type) in Isparta during the 2023 growing season. The research was carried out in the trial fields of the Agricultural Education, Research, and Application Farm at the University of Sciences. The experiment was designed as a factorial trial with three replications in a randomized block design. In the research, plant height, plant stem diameter, number of leaves per plant, leaf width, leaf length, tuber yield per decare, green grass yield, hay yield, crude protein ratio and crude protein yield were examined. In terms of tuber color, the red tuber population exhibited the highest leaf width (9.91 cm) and crude protein content (6.62%), while the white tuber population produced the highest hay yield (559.63 kg/da). Consequently, it was determined that the white tuber population demonstrated superior feed efficiency, whereas the red tuber population showed higher feed quality.

1. Giriş

İnsanların sağlıklı bir şekilde beslenebilmeleri ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için hem hayvansal ve hem de bitkisel kaynaklı ürünleri birlikte tüketmeleri gerekmektedir. Ayrıca, insanlar tarafından alınan günlük toplam kalorinin %15'inin protein, %25'inin yağ ve %60'ının karbonhidrat kaynaklı ürünlerden karşılanması halinde dengeli bir beslenmenin sağlanabileceği belirtilmiştir. Dengeli beslenme için besinlerin %40'ının hayvansal, %60'ının bitkisel gıdalardan karşılanması gerektiği bilinen bir gerçektir (Yağmur & Güneş 2010; Albayrak, 1997). Ülkemizde her ne kadar açlık sorunu yaşanmasa da dengesiz beslenmenin ciddi boyutta olduğu, yakın gelecekte olmasa bile bir süre sonra açlık tehlikesi ile karşı karşıya kalma ihtimali, dengeli beslenmenin ön şartı olan et ve süt ihtiyacını karşılamak için yüksek verimli hayvanların sayılarının artırılması ve bu

hayvanların beslenmesinde kullanılacak kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanması gerekliliğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır (Albayrak, 2002). Ülkemizde üretilen kaba yemler mevcut hayvan varlığının ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu durum birçok araştırmacı (Güngör vd., 2008; Kuşvuran vd., 2011; Özkan & Şahin Demirbağ, 2016; Bıçakçı & Açıkbaş, 2018) tarafından da bildirilmiştir. Rakamsal açıdan hayvan varlığı yüksek olmasına karşın, çiftlik hayvanlarının bir kısmının düşük verimli olması, kalitesiz yemlerle beslenmeleri hayvansal verimliliği önemli ölçüde düşürmektedir. Hayvanların ihtiyacı olan kaba yem başlıca iki kaynaktan karşılanmakta, bunlardan birincisi çayır meralar, diğeri ise tarla tarımı içerisinde yetiştirilen yem bitkileridir. Yem bitkileri temelde baklagil, buğdaygil ve diğer familyalardan olan bazı bitkilerden oluşmaktadır. Diğer familyalar içerisinde yer alan yem kaynaklarından birisi

de bol miktarda yeşil aksam oluşturan, yüksek adaptasyon yeteneğine sahip, olumsuz iklim koşullarına karşı dirençli olan yer elmasıdır (*Helianthus tuberosus* L.). Yer elması, gıda ve yem sorunlarının çözümünde çoklu kullanım için değerli bir ürün olarak dikkat çekici özellikleri nedeniyle son zamanlarda giderek artan bir ilgi görmektedir.

Yapılan çalışmalarda, yer elması inülini ve biyoetanoli üretimi atık ürünlerinin yem bileşimine dahil edilmesinin hayvancılığın ekonomik verimliliğini artırabileceğini ve hayvansal ürünlerin çevresel güvenliğini sağlayabileceğini düşünülmektedir (Korolev, 2007; Zelenkov, 1993). Isparta ilinin bazı köylerinde de kırmızı ve beyaz renkli yer elması üretilmekte ve yer elmasının yumruları yemeklerde ve sofralık olarak kullanılmaktadır. Besin içeriği yönünden zengin bir yumruya sahip olan yer elmasının toprak üstünde yer alan gövde yapraklarının da %6-9 arasında ham protein içerdiği ve P içeriği açısından yetersiz, Ca, Mg ve K içerikleri bakımından yeterli olduğu ifade edilmekte (Seiler, 1988) ve bazı çiftçiler tarafından hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma Isparta ekolojik koşullarında kırmızı ve beyaz renkli 2 farklı yöresel yer elması popülasyonunda farklı hasat zamanlarının (çiçeklenme başlangıcı, %50 çiçeklenme, tam çiçeklenme) yem verimi ve kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, 2023 yılı vejetasyon döneminde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde (37°50'06.44"K ve 30°32'11.57"D) yürütülmüştür. Materyali oluşturan kırmızı (P1) ve beyaz (P2) yumrulu yer elması popülasyonları Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü ile Isparta'da yetiştiricilik yapan çiftçilerden temin edilmiştir. Deneme alanı, Akdeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklim arasında geçiş özelliği gösteren bir iklime sahiptir. Araştırma yerine ait 2023 yılı vejetasyon dönemi (mayıs-ekim ayları arası) toplam yağış miktarı 208.2 mm, ortalama sıcaklık değeri 21.2°C ve ortalama nispi nem değeri %54.1 olarak kayıtlara geçmiş olup, bu değerler 1929-2023 yılları arasında kaydedilen uzun yıllar ortalama değerlerinin (Toplam yağış: 177.8 mm, Ortalama sıcaklık: 19.1°C, Ortalama nispi nem: %52.9) üzerindedir.

Deneme alanı; tekstür bakımından killi-kalkerli, alkali (pH değeri 8.1), katyon değişim kapasitesi %36 ve toplam tuz içeriği %0.025 olan, kireççe zengin (%25.5), elverişli fosfor (3.55 P₂O₅/da) bakımından fakir, potasyum bakımından zengin (75.4 K₂O/da) ve organik madde bakımından fakir (%1.34), yarayıslı nem (%8.35) bakımından yetersizdir. Denemede farklı hasat zamanlarının (çiçeklenme başlangıcı, %50 çiçeklenme, tam çiçeklenme), kırmızı ve beyaz renkli yer elması popülasyonların bitki boyu, bitki gövde çapı, bitkide yaprak sayısı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, dekara yumru verimi, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein

oranı ve ham protein verimi özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır (Cevheri & Avcioğlu, 1998).

Deneme 2 popülasyon, 3 hasat zamanı ve 3 tekrerrük olmak üzere toplam 18 parselden meydana gelmiştir. Parsellerde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 30 cm, sıra uzunluğu 5 m ve her parselde 4 sıra olacak şekilde dikim yapılmıştır. Buna göre her bir parsel 2.8 x 5 m = 14 m², toplam deneme alanı ise 252 m² olarak planlanmıştır. Yabancı ot mücadelesi, ölçüm ve gözlemlerin yapılabilmesi için bloklar arasında 3'er metre boşluk bırakılmış olup, parsellerde kenarlardaki birer sıra ve her parselde baş ve sondan 0.5 m'lik kısmı kenar tesiri olarak bırakılarak geriye kalan 5.6 m²'lik alanda ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Deneme alanı toprağı sonbaharda pullukla işlenerek bırakılmış, ilkbaharda toprak tava geldiğinde diskaro ile düzeltilerek dikime hazır hale getirilmiştir. Dikim, ilkbaharda yapılmış, dikimle beraber dekara 5 kg azot (üre formunda) 10 kg fosfor (triple süper fosfat formunda) gelecek şekilde gübre uygulaması yapılmıştır. Bitki boyu 25 cm'ye ulaştığında boğaz doldurma işlemi uygulanmıştır.

Bitkinin genel durumu izlenerek, gerektiğinde bitkilere damlama sulama yöntemi ile su verilmiş, ölçüm ve gözlemler çiçeklenme başlangıcı (28 Eylül 2023), %50 çiçeklenme (7 Ekim 2023), tam çiçeklenme (28 Ekim 2023) döneminde iken yapılmış, parseller hasat edildikten sonra elde edilen materyaller üzerinde belirtilen ölçüm ve analizler yapılmıştır.

Araştırmada; bitki boyu, bitki gövde çapı, bitkide yaprak sayısı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, dekara yumru verimi, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, ham protein oranı ve ham protein verimi özellikleri incelenmiştir. Her parselden biçilen yeşil ot kümesinden rastgele alınan yaklaşık 1000g'lık taze ot örnekleri, kurutma dolabında 48 saat 70°C'de kurutulmuş 24 saat oda rutubetinde bekletildikten sonra 1 g duyarlı terazide tartılmış ve kuru ot ağırlıkları bulunmuştur. Her parselden elde edilen kuru ot oranları parsellerden elde edilen yeşil ot verimleri ile çarpılarak dekara kuru ot verimi hesaplanmıştır (Cevheri & Avcioğlu, 1998). Her parselden alınan örnekler kurutulup blender ile öğütüldükten sonra öğütülmüş numuneler üzerinden Kjeldahl metoduna göre azot analizi yapılmış (Kacar & İnal, 2008), elde edilen oranlar 6.25 katsayısıyla çarpılarak ham protein oranları % olarak belirlenmiştir. Her bir parsel için elde edilen ham protein oranı ile kuru ot verimlerinin çarpımı sonucu ham protein verimleri elde edilmiştir (Cevheri & Avcioğlu, 1998).

Denemeye ait veriler "Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme Desenine" göre Minitab 17 bilgisayar programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiki analiz sonucunda önemli farklılıkların bulunduğu ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testinden yararlanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Hasat zamanlarının araştırılan özellikler üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1'de, özelliklere ilişkin ortalama değerleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde popülasyonlar arasında yaprak eni, yeşil ot verimi ve kuru

ot verimi bakımından %1 düzeyinde, ham protein oranı bakımından ise %5 düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Hasat zamanları ise bitki boyu ve gövde çapı hariç tüm özellikler üzerine %1 düzeyinde önemli etkide bulunmuştur.

Çizelge 1. Varyans analizi sonuçları
Table 1. Variance analysis results

Varyasyon Kaynakları <i>Sources of variations</i>	SD Df	Bitki Boyu <i>Plant Height</i>	Gövde çapı <i>Stem Diameter</i>	Yaprak Sayısı <i>Leaf Number</i>	Yaprak Eni <i>Leaf Width</i>	Yaprak Uzunluğu <i>Leaf Length</i>	Yumur Verimi <i>Tuber Yield</i>	Yeşil Ot Verimi <i>Herbage Yield</i>	Kuru Ot Verimi <i>Hay Yield</i>	Ham Protein Oranı <i>Crude Protein Ratio</i>	Ham Protein Verimi <i>Crude Protein Yield</i>
Blok <i>Block</i>	2	0.6	0.6	26 696.0	12086.0	24 929.0	17 533.0	45 413.0	0.0	20.3	0.7
Popülasyon (P) <i>Population</i>	1	33 329.0	45 352.0	0.0	20.2**	44 593.0	31 413.0	50.2**	10.8**	1.1*	0.0
Hasat Zamanı (HZ) <i>Harvest Time (HT)</i>	2	43 466.0	45 324.0	6.4**	62.6**	66.3**	387.6**	899.2**	118.7**	8.3**	88.5**
P x HZ İnt <i>P x HT Int.</i>	2	0.5	45 352.0	0.3	14.1**	11.8**	8.1**	56.9**	15.2**	16 803.0	6.9**

(**) 0.01 düzeyinde, *0.05 düzeyinde farklılığı göstermektedir.

Çizelge 2. Farklı zamanlarda hasat edilen yer elması popülasyonlarında incelenen karakterlere ilişkin ortalama değerler
Table 2. Average values of the characters studied in Jerusalem artichoke populations harvested at different times

	Çiçeklenme Başlangıcı <i>Beginning of Flowering</i>	%50 Çiçeklenme <i>%50 Flowering</i>	Tam çiçeklenme <i>Full Flowering</i>	Popülasyon 1 <i>Population 1</i>	Popülasyon 2 <i>Population 2</i>
Bitki boyu (m) <i>Plant Height</i>	2.46	2.54	2.47	2.54	2.44
Gövde Çapı (mm) <i>Stem Diameter</i>	18.10	18.43	17.27	18.20	17.67
Yaprak Sayısı (adet/bitki) <i>Leaf Number</i>	50.33 a	45.63 a	41.57 b	45.90	45.79
Yaprak Uzunluğu (cm) <i>Leaf Length</i>	20.80 ab	20.92 a	16.85 b	19.77	19.28
Yaprak Genişliği (cm) <i>Leaf Width</i>	10.28 a	10.12 a	8.18 b	9.91 A	9.14 B
Yumur Verimi (kg/da) <i>Tuber Yield</i>	1041.40 c	1347.62 b	2320.68 a	1596.60	1543.20
Yeşil Ot Verimi (kg/da) <i>Herbage Yield</i>	1703.02 a	1479.46 b	933.31 c	1317.90 B	1425.96 A
Ham Protein Oranı (%) <i>Crude Protein Ratio</i>	6.86 a	6.69 a	5.49 b	6.62 A	6.07 B
Ham Protein Verimi (kg/da) <i>Crude Protein Yield</i>	40.43 a	41.68 a	22.12 b	34.60	34.88
Kuru Ot Verimi (kg/da) <i>Hay Yield</i>	591.53 a	622.61 a	402.48 b	518.11 B	559.63 A

Araştırmada hasat zamanlarının bitki boyu üzerine etkisi önemsiz olmakla beraber hasat zamanları bakımından en yüksek bitki boyu 2.54 m ile %50 çiçeklenme döneminde tespit edilmiştir. Popülasyonlara ait ortalama bitki boyları ise 2.54 m (P1) ve 2.44 m (P2) olarak ölçülmüştür.

Hasat zamanlarına bağlı olarak gövde çapı ortalamalarının 17.27-18.43 mm arasında değişim gösterdiği ve

popülasyon ortalamalarının ise 17.67 mm (P2) ve 18.20 mm (P1) olarak ölçülmüştür.

Hasat zamanının yaprak sayısı üzerine etkisi istatistiksel açıdan %1 seviyede önemli bulunurken, popülasyonun istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Farklı gelişim dönemlerinde yapılan gözlemlerde en yüksek yaprak sayısı çiçeklenme başlangıcı (50.33) ve %50 çiçeklenme döneminde (45.63) belirlenirken, en düşük

yaprak sayısı tam çiçeklenme döneminde (41.57) tespit edilmiştir. Popülasyonun yaprak sayısı üzerine istatistiksel açıdan etkisi önemli bulunmamakla beraber P1'in (45.90 adet/bitki) P2 (45.79 adet/bitki)'den daha yüksek yaprak sayısına sahip olduğu görülmektedir.

Yer elmasında hasat zamanlarının ve popülasyonun yaprak genişliği üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, hasat zamanı, popülasyonun istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Ortalama yaprak genişliği değerlerine bakıldığında, en yüksek değerlerin 10.28 ve 10.12 cm ile çiçeklenme başlangıcında ve %50 çiçeklenme döneminde elde edildiği, en düşük değerlerin ise 8.18 cm ile tam çiçeklenme döneminde belirlendiği görülmektedir. P1'de ortalama yaprak genişliği çiçeklenme başlangıcı ile %50 çiçeklenme dönemi arasında istatistiksel açıdan azalırken, P2'de bu iki dönem arasında istatistiksel açıdan artış tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada yaprak genişliği değerleri 7.97-11.17 cm arasında değişmiş olup, bu değerler Altıntay & Karadoğan (2023)'in (7.36-8.35 cm) ve Zu-xin vd. (2011)'nin bildirdiği 12.4 cm'lik ortalama değer ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmada ilerleyen bitki gelişim dönemi yaprak uzunluklarının azalmasına neden olurken, en yüksek yaprak uzunluğu 20.92 cm ile %50 çiçeklenme döneminde tespit edilmiş, bunu 20.80 cm ile çiçeklenme başlangıcı ve 16.85 cm ile tam çiçeklenme dönemleri takip etmiştir. Popülasyonların yaprak uzunluğu üzerine etkisi önemli olmamakla birlikte yaprak uzunluğu değerleri 19.28-19.77 cm arasında değiştiği ve P1'in daha yüksek yaprak uzunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değerler; Matei vd. (2020)'nin (15.7-16.9 cm) ve Liu vd. (2011)'nin bildirdiği 19.60 cm lik ortalama yaprak uzunluğu değeri ile benzerlik göstermektedir.

Bitki gelişim dönemlerindeki ilerlemeyle paralel olarak yumru verimi değerlerinin de arttığı görülmüş, en yüksek değer tam çiçeklenme döneminde 2320.68 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen yumru verimi değerleri 1 041.40 ile 2 320.68 kg/da arasında değişmiş olup, bu değerler; Ewa vd. (2016)'nin bildirdiği, 460-1500 kg/da arasındaki yumru verimi ile benzerlik gösterirken, Zu-xin vd. (2011)'nin bildirdiği (710 kg/da) ve Zu-xin vd. (2012)'nin tespit ettiği değerin (820 kg/da) üzerinde bulunmuştur.

Yer elması popülasyonlarının yeşil ot verimi ortalamalarına değerlendirildiğinde; P2'nin (1 425.96 kg/da) P1'den (1317.90 kg/da) daha yüksek yeşil ot verimine sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada elde edilen yeşil ot verimi değerleri 927 kg/da ile 1872 kg/da arasında değişmiş, bu değer Zu-xin vd. (2012)'nin (1730-1220 kg/da) ve Ewa vd. (2016)'nin bildirdiği (979 kg/da) değerlerle benzerlik göstermektedir.

Kuru ot verimleri bakımından hasat zamanları arasında önemli farklılıkların olduğu, en yüksek değer 591.53 kg/da ile çiçeklenme başlangıcında ve 622.61 kg/da ile %50 çiçeklenme döneminde elde edildiği, en düşük değer ise 402.48 kg/da ile tam çiçeklenme döneminde elde edildiği görülmektedir. 2 numaralı popülasyonun

(559.63 kg/da) 1 numaralı popülasyondan (518.11 kg/da) daha yüksek kuru ot verimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bulgularımız Karslı & Bingöl (2009)'ün bildirdiği (297.3-768.1 kg/da) değerler ile benzerlik gösterirken, Ewa vd. (2016)'nin bildirdiği değerlerin (979 kg/da) altındadır.

Ortalama ham protein oranları incelendiğinde hasat zamanları arasında önemli farklılıkların olduğu, en yüksek değer çiçeklenme başlangıcı (%6.86) ve %50 çiçeklenme döneminde (%6.69) elde edildiği, en düşük değer ise %5.49 ile tam çiçeklenme döneminde elde edildiği görülmektedir. Bitkilerde olgunlaşmanın ilerlemesi ile büyüme hızı yavaşladığından sentezlenen asimilatlar karbonhidrat şeklinde depolanmakta ve bununla ilişkili olarak ham protein oranı azalmaktadır (Koç vd., 2000). Kökten vd. (2012) farklı türlerin besin değerindeki değişimleri inceledikleri çalışmada, tüm türlerde vejetasyon dönemi ilerledikçe ham protein oranının azaldığını tespit etmişlerdir. İlbaharda, özellikle nisan ayında, havaların ısınmasıyla birlikte büyümeye başlayan bitki kısımları genç hücrelere sahiptir. Genç hücrelerde yüksek proteinli protoplazma maddeleri fazla, hücre çeperi maddeleri ise düşüktür (Papachristou vd., 2005). Gelişmenin ilerlemesiyle birlikte protein oranında azalmalar ve hücre çeperi maddelerinde artışlar gözlenmektedir (Haddi vd., 2003; Papachristou vd., 2005; Parissi vd., 2005; Papanastasis vd., 2008; Dökülgen & Temel, 2015).

Popülasyonların yeşil aksamalarına ait ham protein oranı yönünden; 1 numaralı popülasyonun (%6.62) 2 numaralı popülasyondan (%6.07) daha yüksek ham protein oranına sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada elde edilen ham protein oranı değerleri %5.49 ile 6.86 arasında değişmiş olup, bu değerler Karslı ve Bingöl (2009)'ün bildirdiği (%9.59-11.19) değerlerden düşük bulunurken, Seiler (1988)'in, bildirdiği %6.00-9.00 arasındaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Bu farklılıkların genetik ve ekolojik çeşitliliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hasat zamanı bakımından çalışmadaki en yüksek ham protein verimleri 40.43 kg/da ile çiçeklenme başlangıcında ve 41.68 kg/da ile %50 çiçeklenme döneminde yapılan biçimlerden elde edilirken, en düşük ham protein verimi değeri 22.12 kg/da ile tam çiçeklenme döneminde yapılan biçimlerden elde edilmiştir (Çizelge 2). Popülasyonların ham protein verimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli olmamakla beraber P2 popülasyonun ortalama ham protein verimi 34.88 kg/da, P1 popülasyonun ham protein verimi ise 34.60 kg/da olarak ölçülmüştür.

4. Sonuç

Bütün veriler hasat zamanları bakımından birlikte değerlendirildiğinde yeşil yem verimi ve kalitesi açısından yer elmalarının çiçeklenme başlangıcı ve %50 çiçeklenme döneminde, yumru verimi bakımından ise tam çiçeklenme döneminde hasat edilmesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Popülasyonlar arasında en yüksek yaprak genişliği (9.91 cm) ve ham protein oranı (%6.62) değerleri 1 numaralı popülasyonda; en yüksek kuru ot

verimi (559.63 kg/da) ise 2 numaralı popülasyonda elde edilmiştir. Yem verimi bakımından 2 numaralı popülasyonun, yem kalitesi bakımından ise 1 numaralı popülasyonun üstün değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Ruminantların tükettikleri otun ham protein oranının en az %10.60 olması gerekliliği (NRC, 2001) dikkate alındığında; yer elmasından elde edilen otun kalitesinin biraz düşük olduğu düşünülebilir, ancak yer elması yeşil aksamının bir yem bitkisi olarak üretilmediği, ot veriminin yan ürün olduğu, günümüzde tarım alanlarının azlığı, yem maliyetlerinin yüksekliği ve sürdürülebilirlik açısından atıkların değerlendirilmesi gibi konular göz önüne alındığında yer elması yeşil aksamının hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Rabia YILMAZ tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Albayrak, S. (1997). *Samsun Ekolojik Şartlarında Kireçlenme ve Gübre Uygulama Zamanının Doğal Meranın Ot Verimi, Ham Protein Oranı ve Verimi ile Botanik Kompozisyonuna Etkileri Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Albayrak, S. (2002). Karadeniz bölgesinde fiğ yetiştiriciliği. *Türk-KOOPERATİF. Etkin Dergisi*, 6(21), 40-43.
- Altıntay, M., & Karadoğan, T. (2023). Farklı Doz ve Dönemlerde Cycocel (Ccc) Uygulamalarının Yer Elması (*Helianthus tuberosus L.*) Verimi ve Kalitesine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Bıçakçı, E., & Açıkbay, S. (2018). Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180- 185.
- Cevheri, A. C., & Avcıoğlu, R. (1998). *Bornova Koşullarında 11 Farklı Yonca Çeşidinin Verim ve Diğer Bazı Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dökülgen, H., & Temel, S. (2015). Yaprğını döken karaçalı (*Palirus spina-christi* Mill.) türünde yaprak ve yaprak+sürgünlerinin mevsimsel besin içeriği değişimi. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 5(3), 57-65.
- Güngör, T., Başalan, M., & Aydoğan, İ. (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55, 111-115.
- Haddi, M. L., Filacorda, S., Meniai, K., Rollin, F., & Susmel, P. (2003). In Vitro fermentation kinetics of some halophyte shrubs sampled at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 104(1-4), 215-225.
- Kacar, B., & Inal, A. (2008). *Plant analysis*. Nobel Press.
- Karlı, M. A., & Bingöl, N. T. (2009). Dikim sıklığının yer elmasının (*Helianthus tuberosus L.*) hasıl verimi ve silaj kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(4), 581-586.

- Koç, A. (2000). Turkish Rangelands and Shrub Culture. *Rangelands*, 22(4), 25-26.
- Korolev, D. D. (2007). *Potatoes and Jerusalem artichoke-products of the future*. FSNU Rosinformagroteh, Moscow, Russia, p. 292.
- Kökten, K., Kaplan, M., Hatipoğlu, R., Saruhan, V., & Çınar, S. (2012). Nutritive value of Mediterranean shrubs. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(1), 188-194.
- Kuşvuran, A., Nazlı, R. İ., & Tansı, V. (2011). Türkiye'de ve Batı Karadeniz Bölgesi'nde çayır-mera alanları, hayvan varlığı ve yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 21-32.
- Liu, Z. X., Han, L. P., Yosef, S., & Xie, G. H. (2011). Genetic variation and yield performance of Jerusalem Artichoke germplasm collected in China. *Agricultural Sciences in China*, 10(5), 668-678.
- Liu, Z. X., Spiertz, J. H. J., Sha, J., Xue, S., & Xie, G. H. (2012). Growth and yield performance of Jerusalem artichoke clones in a semiarid region of China. *Agronomy Journal*, 104(6), 1538-1546.
- Matei, G., Vlăduț, V., Isticioaia, S., Pânzaru, R. L., & Popa, D. (2020). Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) as a biomass crop. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 63(1), 387-393.
- Özkan, U., & Şahin Demirbağ, N. (2016). Türkiye'de kaliteli kaba yem kaynaklarını mevcut durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9(1), 23-27.
- Papachristou, T. G., Platis, P. D., & Nastis, A. S. (2005). Foraging behaviour of cattle and goats in oak forest stands of varying coppicing age in Northern Greece. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 181-189.
- Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., & Dini-Papanastasi, O. (2008). Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 1-17.
- Parissi, Z. M., Papachristou, T. G., & Nastis, A. S. (2005). Effect of drying method on estimated nutritive value of browse species using an in vitro gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 119-128.
- Seiler, G. J. (1988). Nitrogen and mineral content of selected wild and cultivated genotypes of Jerusalem artichoke. *Argon Journal*, 80(4), 681-687. doi.org/10.2134/AGRONJ1988.00021962008000040025X.
- Stanisławska-Glubiak, E., & Korzeniowska, J. (2016). Assessment of the possibility of Jerusalem artichoke cultivation for energetic purposes on the soils contaminated with heavy metals. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu*, 117(619), 83-94.
- Yağmur, C., & Güneş, E. (2010). Dengeli Beslenme Açısından Türkiye'de Gıda Üretimi ve Tüketiminin İrdelenmesi. Ankara (Türkiye). *VII. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, Eylül 22-24.
- Zelenkov, V. N. (1993). *Jerusalem artichoke (earth apple) a promising multi-purpose crop*. Novosibirsk: Aris, Korea.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bazı Entomopatojen Fungusların Entomopatojen Nematod *Steinernema feltiae* ile Etkileşimlerine İlişkin Bir Ön Çalışma

Şerife Evrim ARICI^{1*}, Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar: evrimarici@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 21/11/2024

Kabul tarihi: 18/12/2024

Anahtar Kelimeler: *Beauveria spp.*,
Biyolojik mücadele, *Fusarium*
subglutinans, *Metarhizium spp.*,
Purpureocillium lilacinum

DOI: 10.55979/tjse.1589147

ÖZET

Entomopatojen funguslar (EPF) ve entomopatojen nematodlar (EPN), çok çeşitli böcekleri enfekte edebilen ve öldürebilen toprak organizmalarıdır. Bu organizmalar böcek zararlılarının yönetiminde sıklıkla biyolojik kontrol etmenleri olarak kullanılır. Hem EPF hem de EPN'ler aynı toprak ortamında bulunabilirler ve aynı böcek konukçusu içerisinde rekabet edebilir; sinerjik etkilere antagonistik etkiye kadar değişen sonuçlar gösterebilirler. Bu çalışma EPN *Steinernema feltiae* ile farklı EPF türleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve biyolojik kontrolde kullanımları üzerindeki olası etkilerini araştırmak için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nematod yumurta patojeni olan *Purpureocillium lilacinum* uygulamalarında EPN ölümü belirlenmemiş ve reizolasyon çalışmalarında fungus elde edilememiştir. *Fusarium subglutinans* Fs-8 izolatu *S. feltiae*'da infektif juvenil (IJs) ölümlüne (3.5) en az etkili olan fungus olmuştur. *Beauveria bassiana* BIM-001, *Metarhizium robertii*, *M. anisopliae* ISP-12 ve *B. varroe* izolatları *S. feltiae* üzerinde ölümlere neden olmuştur. *M. anisopliae* ISP-1'de 15.3 IJs, *B. bassiana* BY-2 'de 15.5 IJs, *M. anisopliae* ISP-17'de 16.3 IJs ölürken, *P. lilacinum*'de 0.75 IJs, *F. subglutinans* Fs-8'de ise 3.5 IJs ölümleri gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, EPF'lerin *S. feltiae* üzerinde öldürücü etkisinin olabileceği ve bu etkinin tür bazında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bunun nedeni EPF'ler arasındaki mekanizma, patojenite ve toksin farklılığı olabilir. Zararlıların biyolojik kontrolünde EPF ve EPN kombinasyonlarına yönelik ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

A Preliminary Study on the Interactions Between Some Entomopathogenic Fungi and the Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae*

ARTICLE INFO

Received: 21/11/2024

Accepted: 18/12/2024

Keywords: *Beauveria spp.*, *Biological control*, *Fusarium subglutinans*, *Metarhizium spp.*, *Purpureocillium lilacinum*

DOI: 10.55979/tjse.1589147

ABSTRACT

Entomopathogenic fungi (EPF) and entomopathogenic nematodes (EPN) are soil organisms that can infect and kill a wide variety of insects. These organisms are frequently used as biological control agents in the management of insect pests. Both EPF and EPN can be found in the same soil environment and can compete within the same insect host; they can show synergistic to antagonistic effects. This study was conducted to determine the relationship between EPN *Steinernema feltiae* and different EPF species and to investigate their possible effects on their use in biological control. According to the results obtained, EPN mortality was not detected in the applications of *Purpureocillium lilacinum*, the nematode egg pathogen, and the fungus could not be obtained in re-isolation studies. *Fusarium subglutinans* Fs-8 isolate was the least effective fungus in *S. feltiae* infective juvenile (IJs) mortality (3.5). *Beauveria bassiana* BIM-001, *Metarhizium robertii*, *M. anisopliae* ISP-12 and *B. varroe* isolates caused mortality on *S. feltiae*. While 15.3 IJs died in *M. anisopliae* ISP-1, 15.5 IJs died in *B. bassiana* BY-2, 16.3 IJs died in *M. anisopliae* ISP-17, 0.75 IJs died in *P. lilacinum*, and 3.5 IJs died in *F. subglutinans* Fs-8. According to the results obtained, it was determined that EPFs may have a lethal effect on *S. feltiae* and this effect varies depending on the species. This may be due to the differences in mechanism, pathogenicity, and toxin among EPFs. Detailed studies should be conducted on EPF and EPN combinations in the biological control of pests.

1. Giriş

Toprakta çok sayıda yararlı organizma bulunmakta ve ekolojik olaylarda önemli rol oynamaktadırlar (Cavigelli vd., 2012). Entomopatojen funguslar ve entomopatojen nematodlar, çok çeşitli böcekleri enfekte edebilen ve öldürebilen, dünyanın her yerinde bulunabilen toprak organizmalarıdır. Entomopatojen nematodlar (EPN'ler) ve funguslar (EPF'ler), doğal alanlardan tarımsal ekosisteme kadar uzanan topraklarda yaygın olarak dağılmış iyi bilinen biyolojik kontrol etmenleridir, bu nedenle, bu organizmalar böcek zararlıları ile

mücadelede sıklıkla tercih edilmektedir (Charnley & Collins, 2007; Campos-Herrera, 2015; Lacey vd., 2015).

Steinernematidae ve *Heterorhabditidae* (Takım: Rhabditida) familyalarındaki EPN'ler *Enterobacteriaceae* familyasının *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* bakterileriyle kurdukları simbiyotik ilişki sonucu böcekleri öldürmektedirler ve tarımsal mücadelede ticari olarak kullanılmaktadırlar (Hominick, 2002; Lacey vd., 2015; Stock, 2015, Abd El Azim & Khashaba 2021). Her iki bakteri de antibiyotikler, hücre içi protein kristalleri ve çok sayıda başka ürün üretir (Forst vd., 1997). EPN'ler konukçu

böcek hemosolü içerisine girerler ve simbiyotik ilişkide olduğu bakteriyi içerisine bırakırlar, bu bakteriler hızla üreyerek ürettikleri toksin vb. bileşiklerle böceği 24-48 saat içerisinde kan zehirlenmesinden öldürmektedirler (Kaya & Gaugler, 1993; Shapiro-Ilan vd., 2004). Konukçunun ölümünden sonra da nematod gelişimi ve bakteri üremesi devam eder, yiyecek ve atık ürünleri sınırlayıcı hale gelene kadar böcek cesedinin içinde birkaç jenerasyon tamamlar (San-Blas vd., 2008). Bakteriler kadavra içerisinde hızla çoğaldıktan sonra üreme safhalarının sonuna doğru, buldukları ortamı diğer mikroorganizmalara karşı koruyacak bir takım antimikrobiyal bileşikler üretmektedirler (Forst & Clarke, 2002; Clarke & Eberl, 2006). Bu antimikrobiyal bileşikler diğer fungus, bakteri virüs ve protozoon'lara karşı etkili olan antimikrobiyallerle *Photorhabdus* türlerine yakın olan bakterilere karşı aktif olan xenorhabdysin ve lumisinler gibi bakteriosinleri içermektedir (Webster vd., 2002). Hem nematod hem de bakteriler, *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* bakterileri tarafından üretilen antibakteriyal (Webster vd. 2002; Boemare & Akhurst 2006; Furgani vd., 2008), antifungal (Chen vd., 1994; Webster vd., 2002; Shaurup vd., 2016) ve sekonder metabolitler (Strasser vd., 2000; Donatti vd., 2008) üzerine yürütülmüş pek çok çalışma bulunmaktadır.

EPF'ler, birçok ülkede 200 yıldan uzun süredir zararlı biyolojik kontrol etmenleri olarak kullanılmaktadır (Donatti vd., 2008; Lacey vd., 2015). EPF'lerin çoğu eklem bacaklı konaklarla etkileşimin farklı parazitik ve saprofitik fazlarını gösterir (Charnley & Collins, 2007). Parazitik faz, EPF sporunun konakla temasıyla oluşan fungus enfeksiyonuyla başlar (Oreste vd., 2012). Bir temas etki modu aracılığıyla böcek hemosolünü istila ederek doğrudan böcek kütikülüne nüfuz eder ve böcek vücut boşluğunun içine, böceği öldürmek için toksik sekonder metabolitler ve kadavrada bakteri çoğalmasını önlemek için antibiyotikler salgılar (Charnley & Collins, 2007; Donatti vd., 2008). Böcek ölümünden sonra, EPF, yeni konaklara dağılmak üzere ortaya çıkan hava misellerinde aktif hif büyümesi ve üreme yapılarının üretimi ile saprofitik bir faza geçer. Böcek daha sonra vücudunun içinde oluşan fungus tarafından öldürülür (Litvin vd., 2020). *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces* türleri de dahil olmak üzere çeşitli fungal biyolojik kontrol etmenlerinde çeşitli toksik metabolitler tanımlanmıştır. Bu metabolitlerin bazılarının böcek zararlılarına ve hastalıklarına karşı antibiyotik, fungisidal veya insektisidal özellikler gösterdiği bulunmuştur (Maina vd., 2018; Barra-Bucarei vd., 2019; Ma vd., 2024).

Hem EPN'ler hem de EPF toprak ortamını paylaşır ve bu nedenle aynı böcek konakçısına bulaşabilir ve rekabet edebilir. Konakçılar içindeki etkileşimleri hakkındaki mevcut bilgilerimiz esas olarak laboratuvar deneylerinden gelmektedir. Her iki etmende birlikte böceklere saldırıda sinerjistik etkiler de gösterilebilir (Shapiro-Ilan vd., 2004; Navarro vd., 2014; Shaurub vd., 2016), antagonistik bir etkide üretebilirler (Sahab, 2012). Böcek zararlılarını hedef alan çalışmalarda, EPN'lerin diğer patojenlerle belirli kombinasyonlarından sinerjik ve antagonistik

etkileşimler gözlemlenmiştir (Ansari vd., 2008). Şimdiye kadar yürütülen çalışmalar, esas olarak laboratuvar koşullarında böcek öldürücü etkinliklerini artırmak için her iki biyolojik kontrol ajanı grubunun birlikte kullanımına odaklanmıştır, ancak etkileşimleri ve EPN'lerin ve EPF'nin doğal koşullar altındaki olası performansları büyük ölçüde bilinmemektedir (Püza & Tarasco, 2023). Biyolojik kontrol stratejilerinde EPF kullanımına ilişkin en büyük endişeler, predatörler, parazitoitler ve diğer hedef dışı organizmalar gibi böcek zararlılarının doğal düşmanları üzerindeki olası yan etkileri olmuştur. Polinatörler, solucanlar, örümcekler, bal arıları, karıncalar, diğer sosyal böcekler vb. dahil olmak üzere farklı hedef dışı organizmalara karşı olası yan etkiler açısından çeşitli EPF fungusları değerlendirmek için laboratuvar, serada ve sahada çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bu raporlardan birkaçı, EPF'nin bal arıları, bombus arıları, ipek böcekleri ve böcek zararlılarının diğer doğal düşmanları üzerindeki olumsuz etkilerine dair kanıtlar sağlamıştır (Bamisile vd., 2021).

Sonuç olarak, zararlı böceklerin mücadelesinde daha iyi sonuçlar alabilmek amacıyla odaklanılan birlikte kullanımda EPF ve EPN biyolojik kontrol etmenleri arasındaki olası etkileşimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu etkileşimlerin doğal patojen popülasyonları ve biyolojik kontrolde kullanımları üzerindeki olası etkilerinin araştırılması başarı şansının artırılması yönünden önemlidir. Bu çalışmada *in vitro* da petriyelerde yürütülen denemelerde 4 farklı EPF cinsinin (*Purpureocillium*, *Fusarium*, *Beauveria* ve *Metarhizium*) EPN türü *Steinernema feltiae* IJ üzerindeki patojenitesi değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Entomopatojen funguslar

Yapılan bu çalışmada *Purpureocillium lilacinum*, *Fusarium subgulitinans* (Fs-8 ve Fs-12), *Beauveria bassiana* (BY-2 ve BIM-001), *Beauveria varroae*, *Metarhizium robertii*, *Metarhizium anisopliae* (ISP-1, ISP-12, ISP-17) izolatları kullanılmıştır. Bu izolatlar denemede kullanılıncaya kadar +4 C°'de PDA içeren eğik ağız ortamında muhafaza edilmiştir. *Purpureocillium lilacinum*, *Beauveria varroae*, *Metarhizium robertii* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nden tedarik edilmiştir. *Beauveria bassiana* (BY-2 ve BIM-001) izolatları Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Entegre Mücadele Laboratuvarı'ndan tedarik edilmiştir.

2.2. Entomopatojen nematod

Entomopatojen nematod olarak kullanılan *Steinernema feltiae* Bioglobal Zirai Biyolojik Sistemler Tar. Dan. Gıd. Tar. San. ve Tic. A.Ş. den ticari olarak tedarik edilmiştir. Her bir uygulamada *Steinernema feltiae* her tüpe 100 adet infektif juvenil (IJs)/100 mikrolitre konulmuştur.

2.3. Entomopatojen fungusların spor süspansiyonlarının hazırlanması

Entomopatojen funguslar $25\pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 10 gün PDA ortamı üzerinde kültüre alınmıştır. Gelişme periyodunun sonunda, her bir petri üzerine 5 mL steril saf su eklenmiş ve cam baget yardımıyla kazınarak sporların su içerisine geçmesi sağlanmış, spor süspansiyonları iki katlı tülbent ile süzülerek misel yapıları uzaklaştırılmıştır. Elde edilen spor süspansiyonları hemositometre kullanılarak 1×10^8 spor/ mL konsantrasyona ayarlanmıştır (Thungrabeab & Tongma, 2007). Denemede kullanılacak olan spor süspansiyonlarının içerisine % 0.02 Tween 20 ilave edilmiştir.

2.4. Entomopatojen fungusların *Steinernema feltiae* üzerine uygulanması

Denemede 2 mL'lik tüplere *S. feltiae* her tüpe 100 adet IJs/100 mikrolitre gelecek şekilde konulmuştur. Spor süspansiyonu hazırlanan izolatlardan hazırlanmış 1×10^8 spor/mL konsantrasyondan 1.9 mL alınarak tüpler içerisinde bulunan 100 adet IJs nematodun üzerine konulmuştur. Kontrol grubu tüplere ise, aynı yöntem ile 1.9 mL %0.02 Tween 20 içeren steril saf su uygulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde her EPF için 5 tekrerrür olacak şekilde kurulmuş ve $25\pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 5 inkübe edilmiştir. İnkübasyonun 3. gününde sayımlar yapılmış, 5. günün sonunda ölümlerin uygulanan entomopatojen fungustan meydana geldiğini doğrulamak için ölü bireylerden teyit amacıyla reizolasyon yapılmıştır.

2.5. Verilerin analizi

Bu çalışmada elde edilen veriler IBM SPSS® Statistics (Version 20.0, August 2011, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı yardımıyla tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) gerçekleştirildikten sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ($p\leq 0.05$).

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada farklı EPF türlerinin *S. feltiae*'ye etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nematod yumurta patojeni olan *P. lilacinum* uygulamalarında *S. feltiae* ölümü belirlenmemiş ve reizolasyon çalışmalarında fungus elde edilememiştir. Yapmış olduğumuz uygulamalarda *F. subglutinans* Fs-8 izolatu *S. feltiae*'da 3.5 IJs ölümüne neden olarak en az etkili olan funguslardan birisi olmuştur. Bunun yanısıra *B. bassiana* BIM-001, *M. robertii*, *M. anisopliae* ISP-12 ve *B. varroe* izolatlarının *S. feltiae* üzerinde az da olsa ölüme neden olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada istatistiksel olarak en fazla *S. feltiae* ölümlerine *B. bassiana* BY-2 izolatu, *M. anisopliae* ISP-1 ve ISP-17 izolatlarının neden olduğu görülmüştür (Çizelge 1). *Metarhizium anisopliae* ISP-1 uygulamasında 15.3 IJs, *Beauveria bassiana* BY-2 uygulamasında 15.5 IJs, *Metarhizium anisopliae* ISP-17 uygulamasında 16.3 IJs ölümlerine, *P. lilacinum* uygulamasında 0.75 IJs, *F. subglutinans* Fs-8 uygulamasında 3.5 IJs ölümleri gözlenmiştir. Bu da uygulamada kullanılan entomopatojen fungusların izolat farklılığından, mekanizmalarından veya toksin izolatların

salgıladığı toksin bileşik ve miktarlarının farklılığından kaynaklanabilir (Donatti vd., 2008; Shaurup vd., 2016; Litvin vd., 2020; Ma vd., 2024).

Ayrıca elde edilen sonuçlara göre, aynı EPF fungusunun farklı türlerinin entomopatojen nematod üzerinde etkisi farklı olmuştur. Denemede iki adet *F. subglutinans* izolatu kullanılmıştır. Bu izolatlardan Fs-8 izolatu *S. feltiae* nematodu üzerinde düşük oranda ölümlere (3.5 IJs) neden olduğu tespit edilirken Fs-12 izolatu nematodlarda (11.0 IJs) istatistiksel olarak farklı düzeyde ölümlere neden olduğu belirlenmiştir. Diğer bir fungus *B. bassiana* BY-2 izolatu 15.5 IJs ölümlerine neden olurken, *B. bassiana* BIM-001 izolatu ise 7.8 IJs ölümüne neden olmuştur. *Metarhizium anisopliae* ISP-12 izolatu 10.8 IJs ölümlerine, *M. anisopliae* ISP-1 ve *M. anisopliae* ISP-17 izolatlarında sırasıyla 15.7 ve 16.3 IJs ölümleri gözlenmiştir (Çizelge 1). Bunun izolatların patojenite farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu da EPF ve EPN kombinasyonlarında EPF'nin virülensliğinin önemli olduğunu ve antagonistilişki olabileceğini göstermektedir. Çeşitli EPF ve EPN türü kombinasyonları ile çalışılıp biyolojik mücadele için antagonistik ilişki oluşturmayan kombinasyonların meydana getirilmesi entegre mücadele açısından yeni stratejilerin belirlenmesini sağlayacaktır.

EPF ve EPN'lerin beraber kullanımı katkısız (ilave), sinerjik veya antagonistik olmak üzere farklı etkileşim türleri üretebilir: Katkısız etkide tipik olarak etkenler bağımsız hareket ettiği için hedef organizma üzerindeki etkiyi, her birinin etkisinin toplamı olarak ifade eder. Sinerjik ilişkide, sonucun parçaların toplamından daha büyük olduğu bir etkileşimi ifade eder, örneğin bir etkenin hedef organizmayı diğerine karşı daha duyarlı hale getirmesi gibi; ve antagonistik ilişki de, etkenlerin rekabet halinde olduğu veya birbirleriyle olumsuz bir etkileşime girmesi söz konusudur (Ansari vd., 2008; Koppenhöfer & Grewal, 2005; Tarasco vd. 2011). EPN ve EPF, etkilerinin toplamının sinerjik olması konağı karşılıklı olarak zayıflatabilir. Alternatif olarak, her organizmanın (nematod veya fungus) toksinleri veya antibiyotik özellikleri diğerini etkileyebilir ve bu nedenle etkileşimler antagonistik olabilir. Genellikle EPF ve EPN kombinasyon uygulamalarında böceklerde antagonistik etki (Shapiro-Ilan vd., 2004, Ansari vd., 2008, Wu vd., 2014) ya da sinerjistik etki görülmektedir (Ansari vd., 2008, Correa-Cuadros vd., 2016). Choo vd. (2002), Kore'deki golf sahalarında *Ectinohoplia rufipes* (Motschulsky) ve *Exomala orientalis*'e (Waterhouse) karşı iki EPN türü *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* ile fungus *B. brongniartii*'nin etkinliğini araştırmışlardır. *Beauveria brongniartii* ve *S. carpocapsae*'nin aynı anda kullanılmasında, fungusun tek başına uygulanmasına kıyasla veya her iki nematod *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın uygulanmasıyla karşılaştırıldığında zararlı ölüm oranında önemli bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Ansari vd. (2006), fungusdan sonra nematodlarla enfekte olan böceklerdeki sinerji mekanizmasının, fungus enfeksiyonunun besin alımını ve vücut homeostazını etkileyerek konakçıya stres vermesi ve sonuç olarak sağlıklı böcek larvalarında nematod

enfeksiyonunun arttığını ve bunun nedeninin böcek larvalarındaki yenme mekanizmalarını azaltması olarak öne sürmüştür. Ek olarak, fungusla enfekte olan böcekler daha fazla solunum yapar ve karbondioksit gradyanını takip eden entomopatojen nematodları çeker (Ansari vd., 2008). Barbercheck & Kaya (1990), *H. bacteriophora* ve

S. carpocapsae'nin ikili enfekteli konaklarda *B. bassiana* ile uyumlu olmadığını, genellikle her iki etkene maruz kalan *G. mellonella*'da sadece nematod veya fungusların gelişip yavru ürettiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı entomopatojen fungus türlerinin *Steinernema feltia* üzerindeki ölüm etkisi.

Entomopatojen Fungus	Ölü birey sayısı (IJs)+Standart Hata* (IJs)
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	0.75±0.75 a*
<i>Fusarium subgulitinans</i> Fs-8	3.5±1.5 ab
<i>Fusarium subgulitinans</i> Fs-12	11.0±1.6 bc
<i>Beauveria bassiana</i> BY-2	15.5±2.5 c
<i>Beauveria bassiana</i> BIM-001	7.8±1.3 abc
<i>Beauveria varroae</i>	7.7±1.2 abc
<i>Metarhizium robertii</i>	9.5±2.6 abc
<i>Metarhizium anisopliae</i> ISP-1	15.3±2.7 c
<i>Metarhizium anisopliae</i> ISP-12	10.8±1.8 abc
<i>Metarhizium anisopliae</i> ISP-17	16.3±3.9 c
Kontrol	0.75±0.4 a

*Aynı sütundaki küçük harfler funguslar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. p≤0.05

4. Sonuç

Entomopatojen funguslar ve nematodların birlikte kullanımı son yıllarda giderek artan bir ilgi görmüştür ve son birkaç yılda birçok çalışma ortaya çıkmıştır. Entomopatojen funguslar ve nematodların ortak uygulamasına ilişkin mevcut araştırmalar, yaklaşık 7 fungus türü ve 10 nematod türünü içermekte olup, çalışmaların çoğunda nematodlar *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae* ile funguslar *B. bassiana* ve *M. anisopliae* kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bazı uygulamalarda entomopatojen nematod ve fungus uygulamalarında sinerjik etki bazı uygulamalarda ise antagonistik etki bildirilmiştir. Rekabete yanıt olarak, parazitler ve patojenler rakiplerine göre büyüme veya üreme şanslarını artıran çeşitli stratejiler sergilemişlerdir. *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* bakterilerinin sekonder metabolitlerinin böcek konakçıları içindeki entomopatojen nematodlar ve fungusların rekabeti sırasında etkili olduğu bulunmuştur. Örneğin, *X. nematophila*, agar plakalarında *B. bassiana*'nın büyümesini engellemiştir (Barbercheck ve Kaya, 1990). Başka bir çalışmada, *Photorhabdus luminescens*, *Metarhizium anisopliae*, *B. bassiana*, *B. brongniartii* ve *C. fumosorosea*'nın büyümesini ve konidial üretimini engellemiştir (Ansari vd., 2005). Entomopatojen funguslarla çift enfeksiyonlar sırasında, bazı çalışmalarda nematodlar üzerinde olumsuz etkiler kaydedilmiştir (Husein vd., 2016; Půža ve Tarasco, 2023). Doğal olarak, entomopatojen funguslar böcek konaklarını öldürmek için birçok toksik metabolit üretmektedir. Ansari vd., (2005) *M. anisopliae*'nin *P. luminescens* ve *Xenorhabdus poinarii*'nin büyümesini engellediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, *B. bassiana*'dan elde edilen sekonder metabolitler *X. bovienii*'nin büyümesini engellemiştir (Tarasco, vd., 2011).

Elde edilen sonuçlara göre, EPF farklılığının EPN üzerindeki etkisinde değişkenlikler olduğu ve aynı EPF fungusunun farklı türlerinin de EPN üzerinde etkisinin farklı olduğu tespit edilmiştir. *Purpureocillium lilacinum* hariç çalışmada kullanılan fungusların *S. feltiae* üzerinde düşüğe olsa ölüme neden olduğu ve 100 IJS inokulum yoğunluğunda 3 gün sonunda ölü IJs sayısının 3.5-16.3 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bunda çok sayıda faktör (mekanizma, patojenite, tür, izolat ve salgılanan bileşik) etkili olabilir. EPF lerin sonuçlar EPF ve EPN kombinasyonlarında EPF'nin virülensliğinin önemli olduğu ve antagonist ilişki olabileceğini göstermektedir. EPF ve EPN ilişkilerinin daha ayrıntılı çalışılması gerekmektedir. Zararlıların biyolojik kontrolünde yaygın kullanılan EPF ve EPN türü kombinasyonları ile çalışılıp biyolojik mücadele için antagonistik ilişki oluşturmeyen kombinasyonların meydana getirilmesi entegre mücadele açısından yeni stratejilerin belirlenmesini sağlayacaktır.

5. Teşekkür

Purpureocillium lilacinum, *Beauveria varroae* ve *Metarhizium robertii*, funguslarının temininde yardımcı olan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nden Prof. Dr. Kubilay ER'e, *Beauveria bassiana* (BY-2 ve BIM-001) izolatlarının temininde yardımcı olan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nden Doç.Dr. Asiye UZUN YİĞİT'e teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Abd El Azim, A. M., Khashaba, E. H., & El Kady, G. A. (2024). Effectiveness study of the dual application of new Indigenous entomopathogenic nematode isolate *Heterorhabditis taysearae* and entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* against armyworm (Spodoptera frugiperda). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 34(1), 41.
- Ansari, M. A., Shah, F. A., & Butt, T. M. (2008). Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiiorhynchus sulcatus*, control. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 129(3), 340-347.
- Ansari, M. A., Shah, F. A., Tirry, L., & Moens, M. (2006). Field trials against *Hoplia philanthus* (Coleoptera: Scarabaeidae) with a combination of an entomopathogenic nematode and the fungus *Metarhizium anisopliae* CLO 53. *Biological Control*, 39(3), 453-459.
- Ansari, M. A., Tirry, L., & Moens, M. (2005). Antagonism between entomopathogenic fungi and bacterial symbionts of entomopathogenic nematodes. *BioControl*, 50, 465-475.
- Ansari, M. A., Tirry, L., & Moens, M. (2004). Interaction between *Metarhizium anisopliae* CLO 53 and entomopathogenic nematodes for the control of *Hoplia philanthus*. *Biological Control*, 31(2), 172-180.
- Bamisile, B. S., Siddiqui, J. A., Akutse, K. S., Ramos Aguila, L. C., & Xu, Y. (2021). General limitations to endophytic entomopathogenic fungi use as plant growth promoters, pests and pathogens biocontrol agents. *Plants*, 10(10), 2119.
- Barberchek, M. E., & Kaya, H. K. (1990). Interactions between *Beauveria bassiana* and the entomogenous nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(2), 225-234.
- Barra-Bucarei, L., France Inglesias, A., & Pino Torres, C. (2019). Entomopathogenic fungi. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity*. (pp. 123-136)
- Boemare, N. O. E. L., & Akhurst, R. (2006). The genera *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. *Prokaryotes*, 6, 451-494.
- Campos-Herrera, R. (2015). Nematode pathogenesis of insects and other pests. In *Ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection*. (pp. 10-1007)
- Cavigelli, M. A., Maul, J. E., & Szlavecz, K. (2012). Managing soil biodiversity and ecosystem services. In *Soil Ecology and Ecosystem Services*. (pp. 337-358)
- Charnley, A. K., & Collins, S. A. (2007). 10 entomopathogenic fungi and their role in pest control. *Environmental and Microbial Relationships*, 5, 159.
- Choo, H. Y., Kaya, H. K., Huh, J., Lee, D. W., Kim, H. H., Lee, S. M., & Choo, Y. M. (2002). Entomopathogenic nematodes (*Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora*) and a fungus *Beauveria brongniartii* for biological control of the white grubs, *Ectinohoplia rufipes* and *Exomala orientalis*, in Korean golf courses. *Biocontrol*, 47, 177-192.
- Clarke, D. J., & Eberl, L. (2006). Interactions between bacteria and nematodes. In *Intestinal Microorganisms of Termites and Other Invertebrates*. (pp. 55-64)
- Correa-Cuadros, J. P., Sáenz-Aponte, A., & Rodríguez-Bocanegra, M. X. (2016). In vitro interaction of *Metarhizium anisopliae* Ma9236 and *Beauveria bassiana* Bb9205 with *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 for the control of *Plutella xylostella*. *SpringerPlus*, 5, 1-8.
- Donatti, A. C., Furlaneto-Maia, L., Fungaro, M. H. P., & Furlaneto, M. C. (2008). Production and regulation of cuticle-degrading proteases from *Beauveria bassiana* in the presence of *Rhammatocerus schistocercoides* cuticle. *Current Microbiology*, 56, 256-260.
- Forst, S., Dowds, B., Boemare, N., & Stackebrandt, E. (1997). *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp.: bugs that kill bugs. *Annual Review of Microbiology*, 51(1), 47-72.
- Furgani, G., Böszörményi, E., Fodor, A., Máthé-Fodor, A., Forst, S., Hogan, J. S., ... & Wolf, S. L. (2008). *Xenorhabdus* antibiotics: a comparative analysis and potential utility for controlling mastitis caused by bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 104(3), 745-758.
- Hussein, H. M., Skoková Habušťová, O., Půža, V., & Zemek, R. (2016). Laboratory evaluation of *Isaria fumosorosea* CCM 8367 and *Steinernema feltiae* Ustinov against immature stages of the Colorado potato beetle. *PLoS One*, 11(3), e0152399.
- Hominick, W. M. (2002). Biogeography. In *Entomopathogenic nematology*. (pp. 115-143)
- Kaya, H. K., & Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology*, 38, 181-206.
- Koppenhöfer, A. M., & Grewal, P. S. (2005). Compatibility and interactions with agrochemicals and other biocontrol agents. In *Nematodes as biocontrol agents*. (pp. 363-381)
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41.
- Litwin, A., Nowak, M., & Różalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(1), 23-42.
- Ma, M., Luo, J., Li, C., Eleftherianos, I., Zhang, W., & Xu, L. (2024). A life-and-death struggle: interaction of insects with entomopathogenic fungi across various infection stages. *Frontiers in Immunology*, 14, 1329843.
- Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., & Zakaria, D. J. J. O. E. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 27-32.
- Navarro, P. D., McMullen II, J. G., & Stock, S. P. (2014). Interactions between the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis sonorensis* (Nematoda: Heterorhabditidae) and the saprobic fungus *Fusarium oxysporum* (Ascomycota: Hypocreales). *Journal of Invertebrate Pathology*, 115, 41-47.
- Půža, V., & Tarasco, E. (2023). Interactions between entomopathogenic fungi and entomopathogenic nematodes. *Microorganisms*, 11(1), 163.
- San-Blas, E., Gowen, S. R., & Pembroke, B. (2008). *Steinernemafeltiae*: Ammonia triggers the emergence of their infective juveniles. *Experimental Parasitology*, 119(1), 180-185.
- Sahab, A. F. (2012). Antimicrobial efficacy of secondary metabolites of *Beauveria bassiana* against selected bacteria and phytopathogenic fungi. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(3), 1441-1444.
- Shapiro-Ilan, D. I., Jackson, M., Reilly, C. C., & Hotchkiss, M. W. (2004). Effects of combining an entomopathogenic fungi or bacterium with entomopathogenic nematodes on mortality of *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, 30(1), 119-126.
- Shaurub, E. S. H., Reyad, N. F., Abdel-Wahab, H. A., & Ahmed, S. H. (2016). Mortality and nematode production in *Spodoptera littoralis* larvae in relation to dual infection with *Steinernema riobrave*, *Heterorhabditis bacteriophora*, and *Beauveria bassiana*, and the host plant. *Biological Control*, 103, 86-94.
- Stock, S. P. (2015). Diversity, biology and evolutionary relationships. In *Nematode pathogenesis of insects and other pests: Ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection*. (pp. 3-27)
- Strasser, H., Abendstein, D., Stuppner, H., & Butt, T. M. (2000). Monitoring the distribution of secondary metabolites produced by the entomogenous fungus *Beauveria brongniartii* with particular reference to oosporein. *Mycological Research*, 104(10), 1227-1233.
- Tarasco, E., Santiago Alvarez, C., Triggiani, O., & Quesada Moraga, E. (2011). Laboratory studies on the competition for insect haemocoel between *Beauveria bassiana* and *Steinernema ichnusae* recovered in the same ecological niche. *Biocontrol Science and Technology*, 21(6), 693-704.
- Thunggrabeab, M., & Tongma, S. (2007). Effect of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on non target insects. *Current Applied Science and Technology*, 7(1-1), 8-12.
- Webster, J. M., Chen GenHui, C. G., Hu KaiJi, H. K., & Li JianXiong, L. J. (2002). Bacterial metabolites. In *Entomopathogenic Nematology*. (pp. 99-114)
- Wu, S., Youngman, R. R., Kok, L. T., Laub, C. A., & Pfeiffer, D. G. (2014). Interaction between entomopathogenic nematodes and entomopathogenic fungi applied to third instar southern masked chafer white grubs, *Cyclocephala lurida* (Coleoptera: Scarabaeidae), under laboratory and greenhouse conditions. *Biological Control*, 76, 65-73.