

JOURNAL of AGRICULTURE

ISSN: 2636-8757

[HTTPS://DERGIPARK.ORG.TR/TR/PUB/JA](https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja)

INTERNATIONAL PEER REVIEWED JOURNAL

VOLUME
6

ISSUE
2

YEAR
DECEMBER, 2023





JOURNAL of AGRICULTURE

ISSN: 2636-8757

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

(Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal)

CİLT/VOLUME

6

SAYI/ISSUE

2

YIL/YEAR

ARALIK/DECEMBER, 2023

jourofagri@gmail.com

DergiPark
AKADEMİK

Dergimiz Hakkında/ About Our Journal

Journal of Agriculture, hakemli uluslararası bir dergidir ve 2018 yılında yayın hayatına başlamıştır. DergiPark bünyesinde açık erişimli olarak, tarım ve yaşam bilimleri alanında hazırlanmış araştırma ve derleme makalelerini yayınlamak üzere Mayıs-2018 yılında faaliyete başlamıştır. Derginin desteklediği diller Türkçe ve İngilizce'dir. Yılda 2 (iki) sayı yayınlanır. Dergiye gönderilen makaleler önce editör tarafından şekil ve içerik yönünden incelenir. Uygun olmayanlar sorumlu yazara geri gönderilir. Gönderilen makaleler yazarlar tarafından kaynaklar hariç olmak üzere intihale karşı kontrol edilmektedir. Yapılan kontrollerde benzerlik oranının %20'nin altında olması zorunludur. İntihal raporları incelenerek %20 üzerinde olan yayınlar reddedilir. Yayınlaması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur. Editörün onayladığı makaleler konu ile ilgili 2 (iki) hakeme gönderilir. Hakem incelemesi ve düzeltme süreci tamamlanan makaleler yayınlanır.

Journal of Agriculture is a refereed international journal and started its publication in 2018. DergiPark started its activities in May-2018 in order to publish research and compilation articles prepared in the field of agriculture and life sciences with open access. The languages supported by the journal are Turkish and English. 2 (two) issues are published annually. Articles submitted to the journal are first reviewed by the editor in terms of shape and content. Unsuitable ones are sent back to the responsible author. Submitted articles are checked against plagiarism by the authors, excluding the sources. It is mandatory that the similarity rate is below 20% in the controls. Publications over 20% are rejected by analyzing plagiarism reports. It is mandatory that the works to be published have not been published anywhere or sent to any journal to be published. Articles approved by the editor are sent to 2 (two) reviewers. Articles whose referee review and correction process are completed are published.

Amaç/Aim

Dergimiz bahçe bitkileri, bitki koruma, bitkisel ve hayvansal üretim, biyosistem mühendisliği, gıda mühendisliği, moleküler biyoloji ve genetik, peyzaj mimarlığı, su ürünleri, tarım ekonomisi, tarımsal mekanizasyon, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme ve zootekni alanında hazırlanan araştırma ve derleme çalışmalarını Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlamayı amaç edinmiştir.

The articles that can be sent to the journal are horticulture, plant protection, plant and animal production, biosystem engineering, food engineering, molecular biology and genetic, landscape architecture, fisheries, agricultural economy, agricultural mechanization, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition and animal science. The journal aims to publish research and compilation studies in Turkish and English.

Kapsam/Scope

Journal of agriculture, Haziran ve Aralık aylarında yılda iki kez yayınlanan hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir. Türkçe ve İngilizce makaleler kabul edilir ve çevrimiçi olarak yayımlanır.

Journal of agriculture is a refereed, academic, scientific, international journal published twice a year, in June and December. Turkish and English articles are accepted and are published online.



JOURNAL of AGRICULTURE

jourofagri@gmail.com

ISSN: 2636-8757

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

Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue: 2 Yıl/Year: Aralık/December, 2023

Sahibi / Owner

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN / Assist. Prof. Dr. Barış EREN
Iğdir University, TURKEY, bariseren86@gmail.com

Baş Editör / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN / Assist. Prof. Dr. Barış EREN
Iğdir University, TURKEY, bariseren86@gmail.com

Yardımcı Editör / Co Editor

Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR / Assoc. Prof. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR Bingöl
University TURKEY, ozdemirfethiahmet23@yahoo.com

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL / Assist. Prof. Dr. Fatih DEMİREL
Iğdir University, TURKEY, drfdemirel@gmail.com

Arş. Gör. Serap DEMİREL / Research Assistant Serap DEMİREL
Van Yüzüncü Yıl University, serap_comart@hotmail.com

Dil Editör / Language Editor

Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR / Assoc. Prof. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR Bingöl
University TURKEY, ozdemirfethiahmet23@yahoo.com

Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK/ Assist. Prof. Dr. Muhittin KULAK Iğdir University,
TURKEY, muhyttynx@gmail.com

Arş. Gör. Ayşenur KALMER/ Research Assistant Ayşenur KALMER Van Yüzüncü Yıl
University TURKEY, aysenurkalmer@gmail.com

İstatistik Editör / Statistical Editor

Doç. Dr. Samet Hasan ABACI / Assoc. Prof. Dr. Samet Hasan ABACI Ondokuz Mayıs
Üniversitesi TURKEY, shabaci37@gmail.com

Dr. Cem TIRINK / Dr. Cem TIRINK
Iğdir University, TURKEY, cem.tirink@gmail.com



JOURNAL of AGRICULTURE

jourofagri@gmail.com

ISSN: 2636-8757

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

Cilt/Volume: 6 Sayı/Issue: 2 Yıl/Year: Aralık/December, 2023

Ulusal Editörler Kurulu / National Editorial Board

Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Taki DEMİR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Bingöl Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Rıza ÇANGA
Ankara Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali KAYGISIZ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Bahri KARLI
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İsmet YILDIRIM
Düzce Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN
Bingöl Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Veli UYGUR S
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Arzu ÜNAL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Behcet İNAL
Siirt Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Fethi Ahmet ÖZDEMİR
Bingöl Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Mustafa Kenan GEÇER
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Fatih GÖKMEN
Iğdır Üniversitesi, Türkiye
Dr. Asude ÇAVUŞ
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye
Dr. Muhammed Said YOLCU Van Yüzüncü Yıl
Üniversitesi, Türkiye

Uluslararası Editörler Kurulu / International Editorial Board

PhD Mabrouk Elsabagh
Department of Nutrition and Clinical Nutrition /Veterinary Medicine, Egypt

PhD Ayman Elsabagh
Egypt

PhD. Jiban Shrestha
Nepal Agricultural Research Council, Nepal

PhD. Marija Saric-Krsmanovic
Serbia

PhD. Arash Hossein POUR
Iran



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- 1. Contribution to the Knowledge of Curculionidae (Coleoptera) Species Feed on Wild Plants in the North East Anatolia Region** 60-75

Celalettin GÖZÜAÇIK, Murat GÜVEN*, Levent GÜLTEKİN

- 2. Economic Impact Analysis of Value Chain Development Programme (Vcdp) on Productivity of Rice Farmers in Niger State, Nigeria** 76-90

Olugbenga Omotayo ALABI*, Ajayi Godfrey SUNDAY, Elizabeth EBUKİBA

- 3. Farklı Kuru Fasulye Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi** 91-98

Erkan BOYDAK*, Rıdvan FIRAT, Büşra KAYANTAŞ

- 4. Polyphenol Oxidase Enzyme Activity of Mulberries Grown in Iğdir Ecological Conditions** 99-109

Sadiye Peral EYDURAN*, Zeynebi Kübra AZİTİ

- 5. Assessment of Nutritional Potential and Methane Mitigation Efficacy of Napier Grass Cultivars** 110-117

Yakup BİLAL, Bilal SELÇUK, Tuğba BAKIR, Emrah KAYA*, Adem KAMALAK

- 6. Bir Organik Materyal Olan Leonarditin Kahramanmaraş Koşullarında Nohut Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri** 118-134

Enise Nur EKİCİ, Ali Rıza DEMİRKİRAN*, Erkan BOYDAK

- 7. Türkiye'nin Yeni Yüzyılında Tarım Alet ve Makina Parkı ve Mekanizasyon Düzeyi** 135-145

Sefa ALTİKAT*

- 8. Gladiçya (*Gleditsia Triacanthos*) Meyvesinin Mısır Silajında Katkı Maddesi Olarak Kullanımı** 146-154

Çağlar YUCAL, Ali İhsan ATALAY*

- 9. Gübre Miktarının Azaltılması Ve Arttırılmasının Ayrıçığı Verimi, Besin Madde İçerikleri Ve Gübre Maliyetleri Üzerine Etkisi** 155-164

Nureddin ÖNER, Ali Rıza DEMİRKİRAN*

DERLEME MAKALELER (Review Articles)

- 10. Immune System and Nutrition in Fish** 165-178

Naime Filiz KARADAŞ*

Contribution to the Knowledge of Curculionidae (Coleoptera) Species Feed on Wild Plants in the North East Anatolia Region

Murat GUVEN^{1*} Celalettin GOZUACIK¹ Levent GULTEKIN² 

¹ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 76000, Iğdır, Turkey

² Biodiversity Application and Research Center, Atatürk University, 25240 Erzurum, Turkey

Correspondence

¹ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 76000, Iğdır, Turkey
Email: murat.guven746@gmail.com

* This study is partly based on Murat GUVEN's Master's thesis.

Abstract

This study was carried out in Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars and Van provinces in Eastern Anatolia Region to determine the species of weevil (Coleoptera: Curculionidae) on weeds in agricultural and non-agricultural areas in 2016, as well as in 2021, 2022 and 2023. Surveys have been made 2-weeks apart intervals between march and november to determine the weevils. During the studies, the whole plants (root, stem, leaf and generative organs) have been examined. As a result of the research, 23 species belonging to 8 genera of the family Curculionidae feeding on weeds have been identified. Information about the locality of the species, their host plants, their distribution in The World and Turkey was given. Among these species, *Lixus cardui* Olivier, 1807 and *Larinus latus* (Herbst, 1783) had been to be more encounter than other species. Also, *Chlorophanus vittatus* Schoenherr, 1832 was determined to be a new record for Turkey.

Keywords: Curculionidae species, Wilds plants, Fauna, North East Anatolia, Turkey

INTRODUCTION

The rich geographical characteristics of our country are due to the fact that it is located at the junction of three important biogeographical areas, namely Mediterranean, Euro-Siberian and Irano-Turanian regions. As such, it is a very rich place in terms of biodiversity. The Serhat cities in the easternmost part of the province are also locations on important migration and transit routes, having the same characteristics. The favourable climate was reflected on the flora and contributed to the enrichment of the fauna. The rich vegetation has provided habitat for many living things. This has enabled many researchers to work on different orders and families.

The superfamily Curculionoidea is the order Coleoptera and at the same time the richest group of the animal kingdom, represented by approximately 62,000 described species worldwide (Oberprieler et al., 2007).

The Curculionidae (Coleoptera) fauna of Turkey is very rich and (Fairmaire, 1866; Gadeau de Kerville, 1939; Lodos, 1960; Voss, 1962; Hoffman, 1964; Osella and Lodos, 1979 a, b; Bajtenov and Lodos, 1980; Korotyaev et al., 2002; Gültekin, 2004) are of great importance.

When the researches related to the superfamily Curculionoidea in our country are evaluated, approximately 400 species have been identified in Western Anatolia by Lodos et al., (1978; 1983; 1989). Recently, these data have been contributed significantly. Domestic and foreign scientists who have identified and named a large number of new data in our country (Korotyaev et. al., 2002; Korotyaev and Gültekin, 1999; Gültekin, 2005a; 2006a; 2006b; Dorofeyev et al., 2004; Gültekin and Colonnelli, 2006; Gültekin, 2008a; Gültekin and Davidian, 2006; 2007; Gültekin et al., 2008), some species communities and their ecological descriptions (Gültekin et al., 2003; 2004; Korotyaev and Gültekin, 2003; Gültekin and Korotyaev, 2005; Gültekin, 2004a; 2005b; 2005c; 2006b; 2006c; 2007), informing about their geographical distribution (Korotyaev and Gültekin, 2002; Gültekin, 2008b; Sert and Çağatay, 1994; Özbek et al., 2007; Korotyaev et al., 2004), some rare plant species and the insect

groups that feed on them (Dorofeyev et al., 2005) and publications on groups to be used in some biological control of weeds (Gültekin, 2006a) are quite remarkable.

This study was conducted the first time for Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars and Van of Northeast Anatolia. In this study, the distribution and host plants of Curculionidae family species in the region were tried to be revealed.

MATERIALS and METHODS

The study was carried out 2-weeks apart intervals in 69 localities in agricultural and non-agricultural areas in 6 different locations (Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars and Van) in Eastern Anatolia. During the studies, sweep net, mouth aspirator, polythene bags and ethyl acetate have been used. The whole plants (root, stem, leaf and generative organs) were examined in the sampling. The phenological period of each plant where the species were detected, the part of the plant where the insect fed and the location of the plant were recorded with GPS. The locations of the provinces where the investigate was conducted were shown using ArcMap 10.5 map programme.

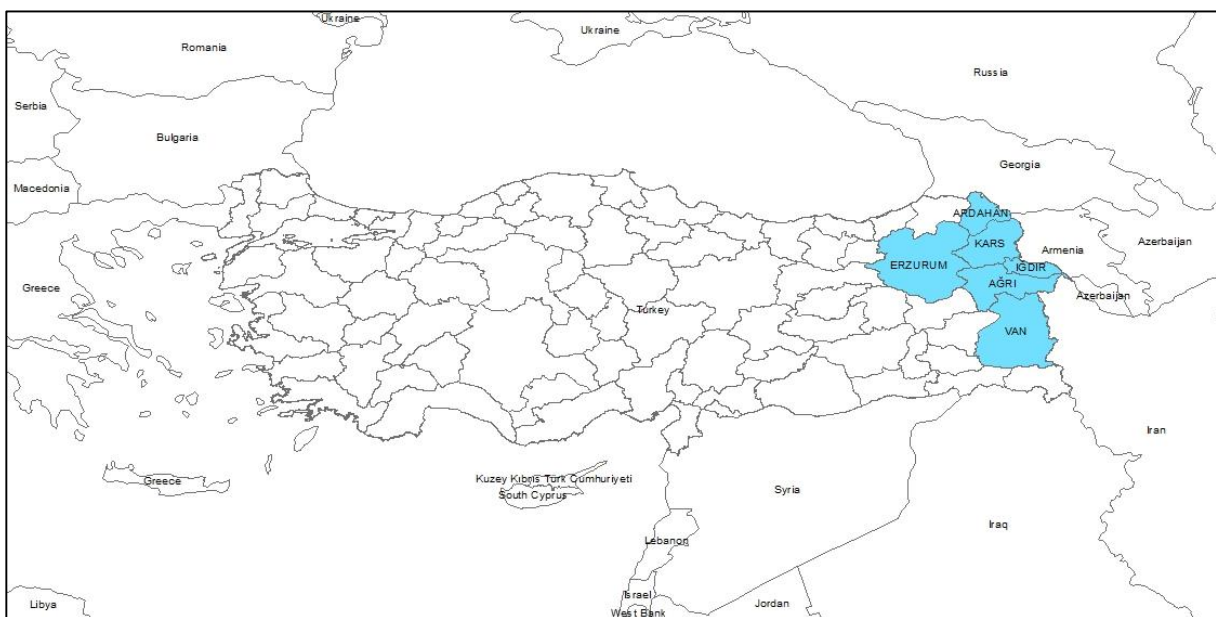


Figure 1: Places where the study was carried out on the map of Turkey

After preparation and pinning, the labelled adult beetles were identified to species level and the localities, host plants, distribution in Turkey and The World of each species were given in alphabetical order. Identification of the species was made by the third author.

RESULTS and DISCUSSION

In Eastern Anatolia, 23 species belonging to 8 genera were identified in 69 localities in agricultural and non-agricultural areas in 6 different provinces (Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars and Van). The locality and distribution of these species are explained below in order.

Genus *Chlorophanus* C. R. Sahlberg, 1823

Chlorophanus vittatus Schoenherr, 1832

Material examined: TR-Iğdır: Aralık, Gödekli, Aras, 39° 50' 09" N / 44° 35' 03" E, 806 m, 26.05.2016, 2 specimens. TR-Kars: Kağızman, Çayırarası, 40° 3' 49" N / 42° 47' 13" E, 1351 m, 13.06.2016, 1 specimen.

Distribution in Turkey: It is new record for Turkey.

Distribution in world: Europe: Russia: South European Territory **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Tamarix* sp. between may and june. *Tamarix* sp. is the first host plant record. The host was identified *Populus* (Bolov and Bolov 1997).

Genus *Epiphanops* Reitter, 1895

Epiphanops persicus (Chevrolat, 1880)

Material examined: TR-Van: Dereüstü, 38° 34' 24" N / 43° 28' 48" E, 1860 m, 15.06.2016, 2 specimens; Özalp, Aşağı Mollahasan, 38° 39' 33" N / 43° 54' 25" E, 1980 m, 15.06.2016, 4 specimens.

Distribution in Turkey: Erzurum (Gültekin et al., 2008). It is new record for Van province.

Distribution in world: Asia: Armenia, Georgia, Iran, Turkey (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the flowers of *Centaurea solstitialis* L. in June. The host was identified *Centaurea solstitialis* L. (Gültekin et al., 2008).

Genus *Hypera* Germar 1817

Hypera postica (Gyllenhal, 1813)

Material examined: TR-Iğdır: Melekli, 39° 58' 08" N / 44° 08' 37" E, 848 m, 25.05.2016, 1 specimen; Aralık, Gödekli, Aras, 806 m, 26.05.2016, 1 specimen; Karahacılı, 39° 54' 33" N / 44° 22' 48" E, 826 m, 13.05.2022, 3 specimens; Karakuyu, 39° 51' 21" N / 44° 03' 22" E, 861 m, 18.06.2022, 5 specimens; Sariçoban, 40° 00' 50" N / 44° 00' 23" E, 867 m, 23.04.2022, 5 specimens; Hakmehmet, 39° 59' 42" N / 43° 58' 23" E, 872 m, 23.04.2022, 3 specimens. TR-Ağrı: Taşlıçay, 39° 37' 56" N / 43° 24' 11" E, 1798 m, 02.07.2022, 4 specimens. TR-Kars: Kağızman, 40° 09' 46" N / 43° 05' 59" E, 1188 m, 29.06.2022, 3 specimens.

Distribution in Turkey: Adana, Antalya, Gaziantep, Hatay, Iğdır, Kahramanmaraş, Mersin, Osmaniye (Lodos et al., 2003; İreç, 2017). It is new record for Ağrı and Kars provinces.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Azores, Belgium, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Belarus, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France (incl. Corse, Monaco), France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Kazakhstan (west of Ural River), Latvia, Liechstentein, Lithuania, Luxembourg, Malta, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Norway, Russia: Nort European Territory, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Canary Islands, Egypt, Libya, Morocco (incl. Western Sahara), Madeira Archipelago, Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Afghanistan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Iraq, Israel, Jiangu (Kiangsu), Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Mongolia, South Korea, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, Xinjiang (Sinkiang), Australian Region, **Nearctic Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Cirsium* sp. between april and july. *Cirsium* sp. is the first host plant record. The host was identified alfalfa (Fabaceae) (Rheinheimer and Hassler, 2010; İreç, 2017).

Genus *Larinus* Dejean, 1821

Larinus carlinae Olivier, 1807

Material examined: TR-Ardahan: Damal, 41° 21' 20" N / 42° 49' 19" E, 2023 m, 17.07.2016, 4 specimens; Damal, 41° 21' 41" N / 42° 49' 14" E, 2043 m, 24.08.2022, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Artvin, Düzce, Eskişehir, Kastamonu, Samsun (Sert, 1995; Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Ardahan province.

Distribution in world: Europe: Albania, Belgium, Bulgaria, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France (incl. Corse, Monaco), Great Britain (incl. Channel Is.), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Latvia, Lithuania, Luxembourg, Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Norway, Russia: North European Territory, Poland, Portugal, Serbia, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Sweden, Switzerland, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Morocco (incl. Western Sahara), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Cyprus, Georgia, Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Turkey, Russia: Western Siberia, Xinjiang (Sinkiang), **Nearctic Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Onopordum* sp., between July and August. *Onopordum* sp. is the first host plant record. The host was identified *Euphorbia* sp. (Pehlivan et al., 2005).

Larinus curtus Hochhuth, 1851

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, 40° 4' 9" N / 43° 39' 46" E, 1040 m, 17.8.2016, 3 specimens; Eğrekdere, 39° 59' 0" N / 43° 38' 58" E, 1477 m, 27.5.2016, 2 specimens; Eğrekdere, 39° 58' 57" N / 43° 38' 58" E, 1481 m, 07.09.2022, 2 specimens.

Distribution in Turkey: Adana, Ankara, Antalya, Aydın, Bingöl, Çorum, Gaziantep, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kilis, Mersin, Niğde, Osmaniye, Sivas (Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Bulgaria, Croatia, Greece (incl. Kríti), Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Montenegro, Serbia, Russia: South European Territory, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Israel, Syria, Turkey, **Nearctic Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaves of *Centaurea solstitialis* L. between May and September. *Centaurea solstitialis* L. is the first host record. The host was identified *Cirsium* sp. and *Oryza sativa* L. (Pehlivan et al., 2005).

Larinus iaceae (Fabricius, 1775)

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, 40° 4' 9" N / 43° 39' 46" E, 1040 m, 17.8.2016, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Adana, Afyonkarahisar, Ankara, Antalya, Bilecik, Burdur, Erzurum, Gaziantep, Gümüşhane, Hatay, Isparta, Mersin, Osmaniye (Lodos et al., 1978; 1989; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Belgium, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Estonia, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Latvia, Liechtenstein, Luxembourg, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Russia: North European Territory, Poland, Portugal, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Switzerland, Ukraine. **North Africa:** Algeria. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Russia: East

Siberia, Georgia, Iran, Israel Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Sichuan (Szechwan), China: Southwestern Territory, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, Russia: Western Siberia (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Carduus nigrecens* Vill. in august. *C. nigrecens* Vill. is the first host record. The host was identified *Carduus nigrecens* Vill., collected on *Centaurea scabiosa*, *Carduus nutans*, *Cirsium palustre*, *C. oleraceum*, *C. canum*, *C. arvense* ve *C. lanceolatum* (Scherf, 1964).

Larinus inaequalicollis Capiomont, 1874

Material examined: TR-Iğdır: Güngörmez, 39° 48' 21" N / 43° 45' 28" E, 2096 m, 24.5.2016, 6 specimens; Güngörmez, 39° 48' 23" N / 43° 45' 28" E, 2074 m, 21.06.2022, 2 specimens.

Distribution in Turkey: Ankara, Bitlis, Hakkâri, Kars (Gültekin and Podlussany, 2012). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Moldavia, Russia: South European Territory, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Israel, Kazakhstan (east of Ural River), Syria, Tajikistan, Turkey, Uzbekistan (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem, leaf and flower of *Echinops orientalis* Trauv. between may and june. The host was identified *E. orientalis* Trauv. (Korotyayev et al., 2016).

Larinus latus (Herbst, 1783)

Material examined: TR-Iğdır: Çili, 39° 45' 46" N / 44° 2' 43" E, 1790 m, 22.6.2016, 1 specimen; Elmagöl, 39° 45' 36" N / 44° 8' 34" E, 1563 m, 18.6.2016, 1 specimen; Tuzluca, 40° 4' 12" N / 43° 39' 47" E, 1046 m, 12.6.2016, 1 specimen; Küçükova, 40° 1' 25" N / 43° 44' 55" E, 1163 m, 24.5.2016, 1 specimen; Küçükova, 39° 58' 09" N / 43° 41' 36" E, 1491 m, 15.05.2022, 1 specimen; Küçükova, 39° 58' 09" N / 43° 41' 36" E, 1491 m, 02.09.2022, 2 specimens. TR-Kars: Kümbetli, 40° 32' 31" N / 43° 0' 48" E, 1759 m, 17.07.2016, 3 specimens; Arpaçay, Yalınçayır, 40° 48' 12" N / 43° 18' 58" E, 1707 m, 17.06.2016, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Ankara, Aydın, Çankırı, Denizli, Eskişehir, Iğdır, İzmir, Karaman, Kayseri, Kırşehir, Konya, Sivas, Yozgat (Lodos et al., 1978; Sert, 1995; Gültekin, 2008b). It is new record for Kars province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Moldavia, Montenegro, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Russia: South European Territory, Turkey, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Cyprus, Russia: East Siberia, Georgia, Iran, Israel, Syria, Turkey, Russia: Western Siberia, **Australian Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem, leaf and flower of *Onopordum acanthium* L. between may and june. *O. acanthium* L. is the first host record. The host was identified *Onopordum bracteatum* Boiss. (Gültekin et al., 2000).

Larinus minutus Gyllenhal, 1835

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, 40° 4' 12" N / 43° 39' 47" E, 1046 m, 12.6.2016, 2 specimens.

Distribution in Turkey: Adana, Adıyaman, Ağrı, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bitlis, Burdur, Çanakkale, Çorum, Diyarbakır, Edirne, Eskişehir, Gaziantep, Hakkâri, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Malatya, Mardin, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye, Siirt, Sivas, Şanlıurfa, Van, Yozgat (Lodos et al., 1978; Sert, 1995; Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Greece (incl. Kríti), Hungary, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Russia: South European Territory, Sweden, Turkey, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Lebanon, Kazakhstan (east of Ural River), Syria, Turkey, **Nearctic Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Carduus nutans* L. in june. *C. nutans* L. is the first host record. The host was identified *Prunus domestica*, *Cirsium* sp., *Medicago sativa*, *Quercus* sp., *Onobrychis sativa* Lam. and *Carthamus tinctorius* (Pehlivan et al., 2005).

Larinus onopordi (Fabricius, 1787)

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, Küçükova, 39° 58' 21" N / 43° 41' 46" E, 1481 m, 12.6.2016, 3 specimens; 39° 58' 22" N / 43° 41' 47" E, 1469 m, 24.5.2016, 3 specimens; Küçükova, 39° 58' 29" N / 43° 41' 54" E, 1457 m, 20.05.2022, 2 specimens. TR-Ağrı: Tutak, Dereköy, 39° 35' 7" N / 42° 54' 50" E, 1596 m, 14.06.2016, 6 specimens; Tutak, Dereköy, 39° 34' 57" N / 42° 54' 47" E, 1591 m, 02.07.2022, 2 specimens. TR-Van: Çakırbey, 38° 54' 11" N / 43° 33' 56" E, 1667 m, 14.06.2016, 4 specimens.

Distribution in Turkey: Adana, Adıyaman, Afyonkarahisar, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bingöl, Bitlis, Burdur, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Elâzığ, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Hatay, Iğdır, Isparta, İzmir, Kars, Kırıkkale, Kırklareli, Kilis, Malatya, Manisa, Nevşehir, Osmaniye, Sivas, Şanlıurfa (Gültekin, 2006c; Lodos et al., 1978). It is new record for Ağrı and Van provinces.

Distribution in world: Europe: Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, France (incl. Corse, Monaco), Greece (incl. Kríti), Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Montenegro, Portugal, Serbia, Russia: South European Territory, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Egypt, Libya, Morocco (incl. Western Sahara), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, **Afrotropical Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem, leaf and flower of *Echinops pungens* between may and june. *E. pungens* is the first host plant record. The host was identified *Echinops sphaerocephalus* L. (Gültekin, 2006).

Larinus sturnus (Schaller, 1783)

Material examined: TR-Ardahan: Tepeler, 41° 2' 3" N / 42° 34' 24" E, 2058 m, 17.07.2016, 2 specimens.

Distribution in Turkey: Artvin, Çankırı, Isparta, İzmir, Kars, Konya (Lodos et al., 1978; Sert, 1995; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Ardahan province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Belgium, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Estonia, Finland, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Latvia, Liechstentein, Lithuania, Luxembourg, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, The Netherlands,

Russia: Nort European Territory, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Sweden, Switzerland, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Egypt, Morocco (incl. Western Sahara), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Lebanon, Turkey, Russia: Western Siberia (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Onopordum* sp. in july. *Onopordum* sp. is the first host record. The host was identified *Medicago Sativa* and *Centaurea* sp. (Pehlivan et al., 2005).

Larinus syriacus Gyllenhal, 1835

Material examined: TR-Iğdır: Karakoyunlu, Gökçeli, 39° 59' 13" N / 44° 10' 22" E, 851 m, 19.6.2016, 3 specimens; Gökçeli, 39° 59' 15" N / 44° 10' 24" E, 850 m, 23.04.2022, 2 specimens; Gökçeli, 39° 59' 55" N / 44° 11' 00" E, 845 m, 26.04.2023, 4 specimens; Tuzluca, Pirli, 40° 1' 31" N / 43° 44' 56" E, 1160 m, 24.05.2016, 6 specimens; Pirli, 40° 00' 09" N / 43° 43' 52" E, 1269 m, 15.05.2022, 5 specimens; Pirli, 40° 1' 10" N / 43° 44' 42" E, 1133 m, 26.04.2023, 5 specimens; Karabulak, 39° 58' 57" N / 43° 42' 43" E, 1378 m, 20.06.2021, 4 specimens.

Distribution in Turkey: Antalya, Denizli, Hatay, İzmir, Manisa, Osmaniye (Pehlivan et al., 2005; Lodos et al., 2003). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Albania, Bulgaria, Croatia, Greece (incl. Kríti), Hungary, Macedonia (North), Montenegro, Romania, Serbia, Russia: South European Territory, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, Pakistan, Syria, Tajikistan, Turkey, Uzbekistan (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf and flower of *Carthamus persicus* Willd. between april and june. *C. persicus* Willd. is the first host record. The host was identified *Carthamus lanatus* L. and *Carthamus dentatus* (Forsk.) Val. (Campobasso et al., 1999).

Larinus turbinatus Gyllenhal, 1835

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, İnce, 39° 56' 27" N / 43° 40' 0" E, 1706 m, 15.7.2016, 2 specimens; Üçkaya, 39° 58' 14" N / 43° 39' 21" E, 1474 m, 17.8.2016, 34 specimens. TR-Ardahan: Tepeler, 41° 2' 3" N / 42° 34' 24" E, 2058 m, 17.06.2016, 2 specimens; Damal, 41° 21' 20" N / 42° 49' 19" E, 2023 m, 17.06.2016, 10 specimens; Damal, Seyitören, 41° 23' 22" N / 42° 47' 57" E, 2068 m, 24.08.2022, 2 specimens.

Distribution in Turkey: Afyon, Artvin, Balıkesir, Bayburt, Bingöl, Bitlis, Burdur, Diyarbakır, Hakkâri, Iğdır, Mardin, Van (Lodos et al., 1978; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Ardahan province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Belgium, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Belarus, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Estonia, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Lithuania, Luxembourg, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Russia: Nort European Territory, Poland, Portugal, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Switzerland, Ukraine. **North Africa:** Madeira Archipelago. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Russia: East Siberia, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), China: Northwest Territory, Turkey, Russia: Western Siberia, Nearctic Region (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf and flower of *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Carduus nutans* L. subsp. *nutans* from june to august. *Carduus nutans* L. subsp. *nutans* is the first host record. The host was identified *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Bolu, 2016).

Genus *Lixus* Fabricius, 1801

Lixus cardui Olivier, 1807

Material examined: TR-Iğdır: Çili, 39° 45' 46" N / 44° 2' 43" E, 1790 m, 22.6.2016, 2 specimens; Elmagöl, 39° 45' 36" N / 44° 8' 34" E, 1563 m, 18.6.2016, 2 specimens; Kuzugüden, 39° 58' 36" N / 43° 58' 51" E, 884 m, 25.5.2016, 10 specimens; Melekli, 39° 58' 8" N / 44° 8' 37" E, 848 m, 25.5.2016, 3 specimens; Sarıçoban, 40° 0' 49" N / 44° 0' 23" E, 854 m, 25.5.2016, 8 specimens; Sarıçoban, 40° 0' 49" N / 44° 0' 23" E, 854 m, 02.09.2022, 3 specimens; Taşlıca, 39° 45' 46" N / 44° 2' 43" E, 1633 m, 24.6.2016, 3 specimens; Aralık, Aşağı Çiftlik, 39° 51' 19" N / 44° 34' 27" E, 813 m, 26.04.2023, 13 specimens; Aralık, Karahacılı, 39° 54' 35" N / 44° 24' 1" E, 835 m, 26.5.2016, 9 specimens; Karasu, 39° 52' 1" N / 44° 32' 14" E, 828 m, 26.5.2016, 2 specimens; Karasu, 39° 52' 1" N / 44° 32' 14" E, 828 m, 02.09.2022, 4 specimens; Karakoyunlu, Gökçeli, 39° 59' 38" N / 44° 10' 53" E, 850 m, 25.5.2016, 6 specimens; Taşburun, 39° 59' 4" N / 44° 13' 18" E, 840 m, 26.5.2016, 13 specimens; Tuzluca, 40° 4' 12" N / 43° 39' 47" E, 1046 m, 12.6.2016, 8 specimens; Eğrekdere, 39° 59' 0" N / 43° 38' 58" E, 1477 m, 27.5.2016, 6 specimens; Eğrekdere, 39° 59' 0" N / 43° 38' 58" E, 1477 m, 02.09.2022, 4 specimens; Küçükova, 39° 58' 22" N / 43° 41' 47" E, 1469 m, 24.5.2016, 8 specimens; Halfeli, Urban Forest, 39° 53' 31" N / 43° 58' 24" E, 893 m, 21.05.2021, 1 specimen. TR-Kars: Arpaçay, Yalınçayır, 40° 48' 12" N / 43° 18' 58" E, 1707 m, 17.07.2016, 6 specimens; Yalınçayır, 40° 49' 37" N / 43° 19' 13" E, 1696 m, 24.08.2022, 2 specimens. TR-Ağrı: Merkez, 39° 44' 20" N / 42° 57' 39" E, 1651 m, 14.06.2016, 4 specimens; Yolugüzel, 39° 43' 56" N / 42° 58' 25" E, 1633 m, 23.08.2022, 4 specimens. TR-Erzurum: Horasan, 40° 5' 1" N / 42° 17' 32" E, 1530 m, 13.06.2016, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Ankara, Aydın, Balıkesir, Bilecik, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çankırı, Denizli, Edirne, Erzurum, Eskişehir, Iğdır, Isparta, İzmir, Karaman, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Kütahya, Manisa, Muğla, Sakarya, Uşak, Yozgat (Lodos et al., 1978; Sert, 1995; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Ağrı and Kars provinces.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Moldavia, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Morocco (incl. Western Sahara), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, Syria, Turkey, Uzbekistan, Russia: Western Siberia, Australian Region (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem and leaf of *Onopordum acanthium* L. from april to september. *O. acanthium* L. is the first host record. The host was identified *Onopordum bracteatum* Boiss. (Gültekin, 2007).

Lixus fasciculatus Boheman, 1836

Material examined: TR-Erzurum: Pasinler, 39° 58' 40" N / 41° 37' 50" E, 1668 m, 13.06.2016, 5 specimens.

Distribution in Turkey: Erzurum, Kars (Gültekin, 2007).

Distribution in world: Europe: Austria, Russia: Central European Territory, Czech Republic, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Moldavia, Poland, Slovakia, Russia: South European Territory, Switzerland, Ukraine. **Asia:** Afghanistan, China: (cf. list of territorial subdivisions), Russia: East Siberia, Russia: Far East, Iran, Japan, Mongolia, North Korea, South Korea, Turkey, Russia: Western Siberia (Batı Sibirya) (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem and leaf of *Artemisia vulgaris* L. in June. The host was identified *Artemisia vulgaris* L. (Korotyayev and Gültekin, 2003).

Lixus filiformis (Fabricius, 1781)

Material examined: TR-Ağrı: Merkez, 39° 44' 20" N / 42° 57' 39" E, 1651 m, 14.06.2016, 7 specimens; Aşağı Yoldüzü, 39° 48' 40" N / 43° 05' 03" E, 1682 m, 23.08.2022, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Ankara, Aydın, Bilecik, Bursa, Denizli, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Manisa, Mersin, Uşak (Lodos et al., 1978; Sert, 1995; Erbey, 2010; Gürler, 2014). It is new record for Ağrı province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Belgium, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Germany, Greece (incl. Kriti), Hungary, France (incl. Corse, Monaco), Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Luxembourg, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Switzerland, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Canary Islands, Morocco (incl. Western Sahara), Madeira Archipelago (Madeira), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Afghanistan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, Syria, Turkmenistan, Turkey, Russia: Western Siberia (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Carduus nutans* L. between June and August. The host was identified *Carduus nutans* L. and *C. crispus* L. (Gültekin, 2004).

Lixus incanescens Boheman, 1835

Material examined: TR-Erzurum: Horasan, Çamurlu, 40° 5' 1" N / 42° 17' 32" E, 1530 m, 13.06.2016, 3 specimens.

Distribution in Turkey: Ağrı, Bolu, Iğdır, Kayseri, Kırşehir, Mardin, Nevşehir, Sinop, (Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Erzurum province.

Distribution in world: Europe: Russia: Central European Territory, France (incl. Corse, Monaco), Moldavia, Romania, Russia: South European Territory, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Afghanistan, Armenia, China (cf. list of territorial subdivisions), Cyprus, Georgia, Iran, Iraq, Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Mongolia, Russia (cf. ES, FE, WS), Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Cirsium* sp. in June. *Cirsium* sp. is the first host record. The host was identified *Salsola kali* L., *Chenopodium foliosum* Asch., *C. vulvaria* and *Beta vulgaris* L. (Gültekin, 2006b).

Lixus pulverulentus (Scopoli, 1763)

Material examined: TR-Kars: Aras vadisi, 40° 8' 19" N / 42° 42' 23" E, 1384 m, 13.06.2016, 5 specimens.

Distribution in Turkey: Amasya, Aydın, Balıkesir, Bingöl, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Hakkâri, İzmir, Kayseri, Muğla, Osmaniye, Samsun, Siirt, Şırnak (Pehlivan et al., 2005). It is new record for Kars province.

Distribution in world: Europe: Austria, Azores (Terceira), Belgium, Bulgaria, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, France (incl. Corse, Monaco), Great Britain (incl.

Channel Is.), Germany, Greece (incl. Kriti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Luxembourg, Malta, Moldavia, Montenegro, The Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Switzerland, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Canary Islands, Morocco (incl. Western Sahara), Madeira Archipelago (Madeira), Tunisia. **Asia:** Azerbaijan, Afghanistan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, Russia: Western Siberia (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Onopordum* sp. in June. The host was identified Polyphagous (Legalov et al., 2010).

Lixus rubicundus Zoubkoff, 1833

Material examined: TR-Kars: Kağızman, 40° 8' 49" N / 43° 4' 38" E, 1192 m, 13.06.2016, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Antalya, Artvin, Aydın, Bilecik, Erzurum, İzmir (Pehlivan et al., 2005). It is new record for Kars province.

Distribution in world: Europe: Austria, Bulgaria, Czech Republic, France (incl. Corse, Monaco), Germany, Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Moldavia, Poland, Romania, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Ukraine. **North Africa:** Morocco (incl. Western Sahara). **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Israel, Kazakhstan (east of Ural River), Mongolia, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Russia: Western Siberia (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Onopordum* sp. in June. *Onopordum* sp. is the first host record. The host was identified Chenopodiaceae (Legalov et al., 2010).

Lixus vilis (Rossi, 1790)

Material examined: TR-Ağrı: Tutak, Dereköy, 39° 35' 7" N / 42° 54' 50" E, 1596 m, 14.06.2016, 1 specimen; Dereköy, 39° 34' 57" N / 42° 54' 47" E, 1591 m, 02.07.2022, 1 specimen.

Distribution in Turkey: Afyon, Aksaray, Ankara, Aydın, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Edirne, İzmir, Kırklareli, Kütahya, Manisa, Mardin, Muğla (Lodos et al., 1978; Pehlivan et al., 2005). It is new record for Ağrı province.

Distribution in world: Europe: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, France (incl. Corse, Monaco), Great Britain (incl. Channel Is.), Germany, Greece (incl. Kriti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Malta, Moldavia, Portugal, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Morocco (incl. Western Sahara). **Asia:** Afghanistan, Armenia, Cyprus, Georgia, Iran, Iraq, Israel, Lebanon, Syria, Turkmenistan, Turkey (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf of *Onopordum* sp. between June and July. *Onopordum* sp. is the first host record. The host was identified *Centaurea* sp., *Malus sylvestris mitis* and *Salix* sp. (Pehlivan et al., 2005).

Genus *Mononychus* Germar, 1824

Mononychus punctumalbum (Herbst, 1784)

Material examined: TR-Iğdır: Aralık, Gödekli, 39° 50' 09" N / 44° 35' 03" E, 806 m, 26.05.2016, 14 specimens; Aralık, Aşağı Çiftlik, 39° 51' 19" N / 44° 34' 30" E, 812 m, 26.05.2016, 23 specimens;

Aşağı Çiftlik, 39° 51' 19" N / 44° 34' 30" E, 812 m, 02.09.2022, 2 specimens. TR-Ağrı: Tutak, Doğangün, 39° 22' 40" N / 42° 45' 10" E, 1671 m, 14.06.2016, 15 specimens. TR-Van: Tabanlı, 38° 45' 27" N / 43° 21' 16" E, 1757 m, 15.06.2016, 15 specimens.

Distribution in Turkey: Erzincan, Erzurum, Hakkâri, Iğdır, Kars, Muş, Niğde, Van, (Mathew 1984; 1988; Güvenç et al., 2005; Gültekin and Korotyaev, 2012). It is new record for Ağrı province.

Distribution in world: Europe: Austria, Belgium, Bulgaria, Belarus, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Denmark, France (incl. Corse, Monaco), Great Britain (incl. Channel Is.), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Latvia, Luxembourg, Moldavia, The Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Slovenia, Spain (incl. Gibraltar), Slovakia, Russia: South European Territory, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine. **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Georgia, Iran, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, Syria, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf and flower of *Iris spuria* L. subsp. *musulmanica* (Fomin) from may to september. *Iris spuria* L. subsp. *musulmanica* (Fomin) is the first host record. The host was identified *Iris dichotoma* Pall., *Iris forrestii* Dykes, *Iris aphylla* L., *Iris longipetala* Herb., *Iris milesii* Baker ex Foster, *Iris pallida* Lam., *Iris sibirica* L. and *Iris sikkimensis* Dykes (Perju et al., 1997).

Genus *Rhinocyllus* Germar, 1817

Rhinocyllus conicus (Froelich, 1792)

Material examined: TR-Iğdır: Tuzluca, Merkez, 40° 4' 9" N / 43° 39' 46" E, 1040 m, 21.07.2016, 1 specimen; İnce, 39° 56' 27" N / 43° 40' 0" E, 1706 m, 15.7.2016, 9 specimens; İnce, 39° 56' 27" N / 43° 39' 57" E, 1695 m, 15.5.2022, 1 specimen; Aliköse, 39° 53' 10" N / 43° 37' 14" E, 1835 m, 15.5.2022, 2 specimens; Üçkaya, 39° 58' 14" N / 43° 39' 21" E, 1474 m, 20.6.2016, 5 specimens.

Distribution in Turkey: Adıyaman, Aydın, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Denizli, Diyarbakır, Düzce, Elâzığ, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Kastamonu, Kırklareli, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Niğde, Uşak (Lodos et al., 1978; 2003; Pehlivan et al., 2005; Erbey, 2010). It is new record for Iğdır province.

Distribution in world: Europe: Albania, Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Russia: Central European Territory, Czech Republic, Estonia, Finland, France (incl. Corse, Monaco), Great Britain (incl. Channel Is.), Germany, Greece (incl. Kríti), Hungary, Ireland, Italy (incl. Sardegna, Sicilia, San Marino), Latvia, Lithuania, Luxembourg, The Netherlands, Malta, Macedonia (North), Moldavia, Montenegro, Poland, Portugal, Serbia, Slovakia, Spain (incl. Gibraltar), Russia: South European Territory, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine. **North Africa:** Algeria, Canary Islands (Tenerife), Egypt, Libya, Morocco (incl. Western Sahara). **Asia:** Azerbaijan, Armenia, Russia: Far East, Georgia, Iran, Israel, Kyrgyzstan, Kazakhstan (east of Ural River), Lebanon, China: Northwest Territory, Tajikistan, Turkey, Russia: Western Siberia, **Afrotropical Region, Nearctic Region** (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the leaf and flower of plant *Carduus nutans* L. subsp. *nutans* and *Cirsium congestum* Fisch. & C. A. Ex DC. between may and july. *Carduus nutans* L. subsp. *nutans* is the first host record. The host was identified *Rosa* sp., *Populus* sp., *Sinapis* sp., *Prunus armeniaca* and *Cirsium* sp. (Pehlivan et al., 2005).

Genus *Thamnurgus* Eichhoff, 1864

Thamnurgus pegani Eggers, 1933

Material examined: TR-Iğdır: Küllük, 40° 1' 46" N / 43° 51' 53" E, 1060 m, 27.5.2016, 29 specimens; The University, Suveren Campus Land, 39° 48' 6" N / 44° 4' 27" E, 1240 m, 23.5.2016, 45 specimens; The University, Suveren Campus Land, 39° 48' 34" N / 44° 04' 43" E, 1144 m, 25.5.2022, 2 specimens; Tuzluca, Pirlı, 40° 1' 29" N / 43° 44' 53" E, 1164 m, 24.5.2016, 78 specimens; Pirlı, 40° 1' 29" N / 43° 44' 53" E, 1164 m, 15.05.2022, 5 specimens; Pirlı, 40° 00' 55" N / 43° 44' 30" E, 1198 m, 26.04.2023, 7 specimens; Iğdır, Urban Forest, 40° 02' 05" N / 43° 50' 12" E, 946 m, 05.06.2021, 4 specimens.

Distribution in Turkey: Iğdır (Güçlü and Özbek, 2007; Mandelshtam et al., 2011; Korotyaev et al., 2016).

Distribution in world: Asia: Azerbaijan, Armenia, Turkmenistan, Turkey (Alonso-Zarazaga et al., 2023).

Remarks: Adults feed on the stem and flower of *Peganum harmala* L. from april to may. The host was identified *Peganum harmala* L. (Güçlü and Özbek, 2007; Mandelshtam et al., 2011; Korotyaev et al., 2016).

CONCLUSION

This study was carried out in agricultural and non-agricultural areas in Ağrı, Ardahan, Erzurum, Iğdır, Kars and Van provinces of Eastern Anatolia. As a result of the surveys, a total of 457 individuals belonging to Curculionidae family were collected. The distribution of species according to provinces in the Eastern Anatolia region is discussed and given in the table 1 below.

Table 1: Distribution of species according to provinces in Eastern Anatolia

Province name	Species name
Ağrı	<i>Hypera postica</i> (Gyllenhal, 1813) <i>Larinus onopordi</i> (Fabricius, 1787) <i>Lixus cardui</i> Olivier, 1807 <i>Lixus filiformis</i> (Fabricius, 1781) <i>Lixus vilis</i> (Rossi, 1790) <i>Mononychus punctumalbum</i> (Herbst, 1784)
Ardahan	<i>Larinus carlinae</i> Olivier, 1807 <i>Larinus sturnus</i> (Schaller, 1783) <i>Larinus turbinatus</i> Gyllenhal, 1835
Erzurum	<i>Lixus cardui</i> Olivier, 1807 <i>Lixus fasciculatus</i> Boheman, 1836 <i>Lixus incanescens</i> Boheman, 1835
Iğdır	<i>Chlorophanus vittatus</i> Schoenherr, 1832 <i>Hypera postica</i> (Gyllenhal, 1813) <i>Larinus curtus</i> Hochhuth, 1851 <i>Larinus iaceae</i> (Fabricius, 1775) <i>Larinus inaequalicollis</i> Capiomont, 1874 <i>Larinus latus</i> (Herbst, 1783) <i>Larinus minutus</i> Gyllenhal, 1835 <i>Larinus onopordi</i> (Fabricius, 1787) <i>Larinus syriacus</i> Gyllenhal, 1835 <i>Larinus turbinatus</i> Gyllenhal, 1835 <i>Lixus cardui</i> Olivier, 1807 <i>Mononychus punctumalbum</i> (Herbst, 1784) <i>Rhinocyllus conicus</i> (Froelich, 1792) <i>Thamnurgus pegani</i> Eggers, 1933
Kars	<i>Chlorophanus vittatus</i> Schoenherr, 1832 <i>Hypera postica</i> (Gyllenhal, 1813) <i>Larinus latus</i> (Herbst, 1783) <i>Lixus cardui</i> Olivier, 1807 <i>Lixus pulverulentus</i> (Scopoli, 1763) <i>Lixus rubicundus</i> Zoubkoff, 1833
Van	<i>Epiphanops persicus</i> (Chevrolat, 1880) <i>Larinus onopordi</i> (Fabricius, 1787) <i>Mononychus punctumalbum</i> (Herbst, 1784)

Based on the evaluation of the literature, it was determined that *Chlorophanus vittatus* Schoenherr, 1832 is new record for Turkey. Also, it was determined that *Lixus* and *Larinus* genera were more common both in number and species. With this study, the distribution of the weevil of the region has been given and it will contribute to further researches. When the species obtained were evaluated at the genus level, it was observed that *Larinus* was more dominant in Iğdır, which is at low altitude, and *Lixus* was more dominant in locations such as Ağrı, Erzurum and Kars, which are at high altitude. Also, the host plant *Mononychus punctumalbum* is distributed in similar ecosystems in all three provinces of Ağrı, Iğdır and Van.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study partly benefited from a part of the master's study titled "Determination of Curculionidea (Coleoptera) species of potential importance in the biological control of weeds in Iğdır province" which was accepted by Iğdır University and Atatürk University, Institutes of Science.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors have contributed equally to this study.

CONFLICT of INTEREST

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Alonso-Zarazaga, M.A., Barrios, H., Borovec, R., Bouchard, P., Caldara, R., Colonnelli, E., Gültekin, L., Hlavac, P., Korotyaev, B., Lyal, C.H.C., Machado, A., Meregalli, M., Pierotti, H., Ren, L., Sánchez-Ruiz, M., Sforzi, A., Silfverberg, H., Skuhrovec, J., Trýzna, M., Velázquez de Castro, A. J., Yunakov, N.N. 2023. Cooperative Catalogue of Palaearctic Coleoptera Curculionoidea. 2nd Edition. Coordinator: M.A. Alonso-Zarazaga, Monografías electrónicas Sociedad Entomologica Aragonesa, 729.
- Bajtenov, M. S. & Lodos, N. 1980. Notizen über Apionen (Coleoptera: Curculionidae) in der Türkei. Türk. Bit. Kor. Derg., 4 (4): 229-230.
- Bolov, A. P. & A. A. Bolov. 1997. K faune zhukov-dolgonosikov (Coleoptera, Curculionidae) Kabardino-Balkarii. Entomologicheskoe Obozrenie, 76(4): 777-779.
- Bolu, H., 2016. Southeastern Anatolia Reion Insect Fauna I (Coleoptera II: Curculionoidea, Tenebrionoidea) of Turkey. Agriculture & Forestry, Podgorica, 62(3), 73-91.
- Campobasso, G., Colonnelli, E., Knutson, L., Terragitti, G., Cristofaro, M., 1999. Wild Plants and Their Associated Insects in the Palearctic Region, Primarily Europe and the Middle East. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Washington, ARS-147, 249.
- Dorofeyev, V.I., Korotyaev, B.A., Gültekin, L. 2004. A New Species of the Genus *Stroganowia* Kar. et Kir. (Cruciferae) from Northeast Turkey and *Rhynchophorus* Beetles (Coleoptera, Curculionoidea) Associated with it. Bulletin of the Naturalist Society of Moscow, 109(2), 72-76.
- Dorofeyev, V.I., Korotyaev, B.A., Konstantinov, A.S., Gültekin, L. 2005. A Relict Crucifer, *Sisymbrium elatum* C. Koch (Cruciferae), and Associated Phytophagous Beetles in Northeastern Türkiye, with Redescription of *Psylliodes pallidicornis* Heikertinger (Pp. 81-89). In: Contributions to Systematics and Biology of Beetles. Papers Celebrating the 80th Birthday of Igor Konstantinovich Lopatin. Pensoft Series Faunistica 43, 450.
- Erbey, M. 2010. Taxonomic and Morphologic Studies on the Family Curculionidae (Coleoptera) of Bolkar Mountains (Ph.D. Thesis). Gazi University, Institute of Science and Tecnology, Ankara. (In Turkish).
- Fairmaire, L. 1866. Notice sur les Coléoptères récoltés Par P. J. Lédérer de l'Asie Mineure. Ann. Soc. Ent. France, 249-280.
- Gadeau de Kerville, H. 1939. Voyage zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Asie Mineure (Avril-Mai 1912). Paul Le Chevalier, Paris, 148 pp.

- Güçlü, C. and Özbek, H. 2007. Biology and Damage of *Thamnurgus pegani* Eggers (Coleoptera: Scolytidae) Feeding on *Peganum harmala* L. in Eastern Turkey, Proc. Entomol. Soc. Wash. 109 (2), 350–358.
- Gültekin, L., Güçlü, Ş., Özbek, H., 2000. The biology of *Larinus latus* (Herbst) and *Lixus cardui* (Oliver) (Coleoptera: Curculionidae) on *Onopordum bracteatum* Boiss. et Heldr. (Asteraceae). Türkiye 4. Entomoloji Kongresi, 12-15 Eylül 2000, Aydın, 197-206 (In Turkish).
- Gültekin, L., Güçlü, Ş., Nikulina, O. 2003. The Life History of the Capitulum Weevil, *Larinus latus* (Herbst) (Coleoptera, Curculionidae). New Zealand Journal of Agriculture, 46(3), 271-274.
- Gültekin, L., Zengin, H., Hayat, R. 2004. Life History of *Lixus bardanae* on Curly Dock (*Rumex crispus*) in Turkey. Phytoparasitica, 32(1), 97-99.
- Gültekin, L. 2004. Weevils associated with Musk thistle (*Carduus nutans* L.) and biology of *Lixus filiformis* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) in Northeastern Turkey. J. Ent. Res. Soc., 6 (3): 1-8.
- Gültekin, L. 2004a. Bionomics and Host Plant of *Herpes porcellus* Lacordaire, 1863 (Coleoptera: Curculionidae). Journal of the Entomological Research Society, 6(1), 33-38.
- Gültekin, L., Korotyaev, B.A. 2005. Biology and Distribution of *Larinus sibiricus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae, Lixinae). Journal of the Entomological Research Society, 7(3), 47-53.
- Gültekin, L. 2005a. Biological and Distributional Notes on *Lachnaeus horridus* Reitter, 1890 (Coleoptera: Curculionidae, Lixinae). Weevil News: <http://www.curci.de/Inhalt.html>, No: 23,1-3.
- Gültekin, L. 2005b. New Ecological Niche for Weevils of the Genus *Lixus* Fabricius and Biology of *Lixus obesus* Petri (Coleoptera: Curculionidae, Lixinae). Weevil News: <http://www.curci.de/Inhalt.html>, No: 24, 1-3.
- Gültekin, L. 2005c. A New Species of the Weevil Genus *Ceutorhynchus* Germar from Eastern Mediterranean Turkey (Coleoptera: Curculionidae). Zootaxa 883, 1-5.
- Gültekin, L., Davidian, G.E. 2006. Contribution to the Knowledge of the Weevil Genus *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) from Northeastern Türkiye and Transcaucasia. Zoologicheskii Zhurnal, 85(4), 479-492.
- Gültekin, L., Colonnelli, E. 2006. A New Species of Mogulones from Northeastern Turkey, with Revision of the Abchasicus Group (Insecta, Coleoptera: Curculionidae). Aldrovandia, 15-22.
- Gültekin, L., 2006. A New Weevil Species *Larinus araxicola* sp. n. (Coleoptera: Curculionidae: Lixinae) from Northeastern Turkey with Biological Notes. Proceedings of the Russian Entomological Society 77, 44-47.
- Gültekin, L. 2006a. A New Species of the Weevil Genus *Larinus* Dejean from Türkiye and Suriye (Coleoptera: Curculionidae: Lixinae). Zootaxa 1248, 21-26.
- Gültekin, L. 2006b. Host Plants Range and Biology of *Lixus nordmanni* Hochhuth (Coleoptera, Curculionidae) on Hogweed *Heracleum* L. in Eastern Türkiye. Journal of Pest Sciences 79, 23-25.
- Gültekin, L. 2006c. Seasonal Occurrence and Biology of Globe Thistle Capitulum Weevil *Larinus onopordi* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) in Northeastern Türkiye. Munis Entomology and Zoology, 1(2), 191-198.
- Gültekin, L., Davidian, G.E. 2007. A New Species of the Weevil Genus *Otiorhynchus* Germar, 1822, Subgenera *Proremus* Reitter, 1912 (Coleoptera, Curculionidae) from NE Türkiye. Caucasian Entomological Bulletin, 3(2), 197-199.
- Gültekin, L. 2007. Oviposition Niches and Behavior of the Genus *Lixus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae, Lixinae). Entomologica Fennica 18, 74-81.
- Gültekin, L., Bovec, R., Cristofaro, M., Smith, L. 2008. Broad-Nosed Weevils Feeding on *Centaurea solstitialis* L. in Türkiye, with a Description of the New Species *Araxia cristofaroi* sp. n. (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). Annals of the Entomological Society of America, 101(1), 7-12.
- Gültekin, L. 2008. Hibernation Places and Behavior of the Some Weevil Species (Coleoptera: Curculionidae). Caucasian Entomological Bulletin., 4 (2), 209-213
- Gültekin, L. 2008a. Taxonomic Review of the Stem-Inhabiting Trehala-Constructing *Larinus* Dejean, 1821 (Coleoptera: Curculionidae): New Species, Systematics and Ecology. Zootaxa 1714, 1-18.
- Gültekin, L. 2008b. Host Plants of *Larinus latus* (Herbst 1783) in Eastern Türkiye. Weevil News: <http://www.curci.de/Inhalt.html>, No: 40, 1-7.

- Gültekin, L., Podlussany, A. 2012. New Faunistic Data on Selected Palaearctic Species of the Genus *Larinus* Dejean, 1821 (Coleoptera: Curculionidae, Lixinae). Journal of the Entomological Research Society, 14(2), 71-85.
- Gültekin, L., and Korotyaev, B. A. 2012. Ecological description of two seed-feeding weevils of the genus *Mononychus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) on *Iris iberica* Hoffmann and *Iris spuria* L. in Northeastern Turkey. Coleopterists Bulletin, 66(2), 155-161.
- Gürler, Y. 2014. Curculionids (Coleoptera: Curculionidae) of Beypazarı (Ankara). (M. Sc. Thesis). Gazi University, Institute of Science and Tecnology, Ankara.(In Turkish).
- Güvenç, A., Kurucu, S., Koyuncu, M., Arihan, O., Erdurak, C. S. 2005. Investigation on the seeds of *Iris spuria* L. subsp. *musulmanica* (Fomin) Takht. (Iridaceae). Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences 2(3): 125–136.
- Hoffman, A. 1964. Türkiye’de Mahsule Zarar Veren Curculionid’ler. Türkiye Ziraatına Zararlı Olan Böcekler ve Mücadelesi. Fasikül 10, 129-143 pp.
- Curculionids damaging crops in Turkey. Insects harmful to Turkish agriculture and their control. Fascicle 10, 129-143 pp.
- İreç, A. 2017. The Determination of Biological Criteria the Basis to Struggle Alfalfa Weevil, *Hypera Postica* (Gyllenhal, 1813) (Coleoptera: Curculionidae) On Alfalfa in Iğdır Province. Master Thesis, Iğdır University, Institute of Science and Tecnology, Iğdır. (In Turkish).
- Legalov, A. A., Ghahari, H., and Arzanov, Yu. G. 2010. Annotated Catalogue of Curculionid-Beetles (Coleoptera: Anthribidae, Rhynchitidae, Attelabidae, Brentidae, Brachyceridae, Dryophthoridae and Curculionidae) of İnan. Amurian zoological journal II (3).191-244.
- Löbl, I., Smetana, A. 2013. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 8. Curculionoidea II. – Leiden: Brill, 700 pp.
- Lodos, N., 1960. Orta Anadolu Meyve Ağaçlarında Zarar Yapan Curculionidae (Hortumlu Böcekler) Türleri Üzerinde Sistematik Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 29, 76 pp.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R. 1978. Ege ve Marmara Bölgesinin Zararlı Böcek Faunasının Tesbiti Üzerinde Çalışmalar (Curculionidae, Scarabaeidae (Coleoptera); Pentatomidae, Lygaeidae, Miridae (Heteroptera)). T.C. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü. Ankara, 301.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Erkin, E., Karsavuran, Y., Aksoy, S. 1983. Orta Anadolu ve Batı Karadeniz Bölgeleri’nin Böcek Faunasının Tespiti Üzerinde Çalışmalar Curculionidae, Scarabaeidae (Coleoptera), Pentatomidae, Scutelleridae, Lygaeidae, Miridae (Heteroptera). Doğa Bilimleri Dergisi 7, 207-212.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S. 1989. Akdeniz Bölgesi’nin Ziraatta Zararlı ve Faydalı Böcek Faunasının Tespiti Üzerinde Araştırmalar. Curculionidae, Scarabaeidae (Coleoptera), Plataspidae, Cydnidae, Acanthosomatidae, Scutelleridae, Pentatomidae, Lygaeidae, Miridae (Heteroptera). Doğa Tarım ve Ormancılık Dergisi, 13(1), 81-88.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., Aksoy, S. 2003. Faunistic Studies on Curculionidae (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey. *Meta Press*. İzmir, 1-83.
- Korotyaev, B.A., Gültekin, L. 1999. A New Species of Weevil Genus *Baris* from NE Türkiye (Coleoptera: Curculionidae). *Zoosystematica Rossica*, 8(1), 141-142.
- Korotyaev, B.A., Gültekin, L. 2002. New Records Weevils for the Fauna of Northeastern Türkiye (Coleoptera, Curculionidae). *Zoosystematica Rossica*, 11(1), 174.
- Korotyaev, B.A., Gültekin, L., Colonnelli, E.A. 2002. New Species of Weevil Genus *Coeliastes* Weise (Coleoptera, Curculionidae). *Zoologicheski Zhurnal*, 81(10), 1273-1277.
- Korotyaev, B.A., Davidian, G.E., Yunakov, N.N., Gültekin, L. 2004. On the Weevil (Coleoptera, Curculionidae) Faunal Links Between the Crimea, the Caucasus, and Northeastern Anatolia In: Proceedings of the Conference on Invertebrate Zoology Dedicated to the 100th Anniversary of S.M. Iablokoff-Khnzorian, September.Yerevan. 81-82.

- Korotyaev, B. A., Gultekin, L. & Colonnelli, E. 2002. A new species of the Weevil genus *Coeliastes* (Coleoptera, Curculionidae) from Turkey. *Entomological Review*, 82 (4): 500-504.
- Korotyaev, B.A., Gültekin, L. 2003. Biology of Two Weevil, *Lixus ochraceus* Boheman and *Melanobaris gloriæ* sp. n. (Insecta: Coleoptera, Curculionidae), Associated with *Tchihatchewia isatidea* Boissier, a Cruciferous Plant Endemic of Turkey. *Entomologische Abhandlungen*, 61(1), 93-99.
- Korotyaev, B. A., Gültekin, L., Volkovitsh, M. G., Dorofeyev V. I., Konstantinov, A. S. 2016. Bioindicator beetles and plants in desertified and eroded lands in Turkey. *Journal of Insect Biodiversity* 4(1): 1–47.
- Mandelstam M. Yu., Petrov A. V. & Korotyaev. B. A. 2011. To the knowledge of the herbivorous scolytid genus *Thamnurgus* Eichhoff (Coleoptera, Scolytidae). *Entomologicheskoe Obozrenie* 80(3): 595–621.
- Mathew, B. 1984. Iris L. In: Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Volume 8 (P. H. Davis, editor). Edinburgh at the University Press, Edinburgh, UK, pp. 382–411.
- Mathew, B. 1988. Iris L. In: Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Volume 10 (P. H. Davis, editor). Edinburgh at the University Press, Edinburgh, UK, 227–228.
- Oberprieler, R.G., Marvaldi, A.E. and Anderson, R.S. 2007. Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 1668, 491–520.
- Osella, G., Lodos, N. 1979 a. Un Nuovo Genere (*Parhaptometus* Osella e Lodos) per *Haptomerus schneideri* (Kirsh.) (Coleoptera: Curculionidae). *Türk. Bit. Kor. Derg.*, 3 (2): 75-82.
- Osella, G., Lodos, N. 1979 b. *Haptomerus lutosus* (Fivaldsky): Brevi note Sistematiche (Coleoptera: Curculionidae-Hylobiinae). *Türk. Bit. Kor. Derg.*, 3 (3): 161-170.
- Özbek, H., Gültekin, L., Davidian, G. 2007. *Otiorynchus lederi* Stierlin (Coleoptera: Curculionidae): A New Record and a New Pest in Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 31, 213-217.
- Pehlivan, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., 2005. Contributions to the Knowledge of the Lixinae (Coleoptera: Curculionidae) from Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29(4), 259-272.
- Perju, T., Moldovan, I., Bunesco, H., 1997. Gărgărita Semintelor de Stânjenei – *Mononychus punctum-album* Hbst. (Curculionidae, Coleoptera) sin *Mononychus pseudacori* Fb. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 27(1): 79–83.
- Rheinheimer, J. and Hassler, M. 2010. Die Rüsselkäfer Baden-Württembergs. Verlag Regionalkultur, Heidelberg, 944 pp.
- Scherf, H., 1964. Die Entwicklungsstadien der Mitteleuropäischen Curculioniden (Morphologie, Bionomie, Ökologie). *Abhandlungen des Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 506, Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt, 1-335.
- Sert, O., Çağatay, N. 1994. *Sitona*, *Bangasternus* ve *Larinus* (Coleoptera: Curculionidae) Cinslerinden Bazı Türler Üzerinde Sistemik Çalışmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 18(4), 223-236.
- Sert, O., 1995. İç Anadolu Bölgesi Curculionidae (Coleoptera) familyası üzerinde taksonomik çalışmalar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-184.
- Voss, E. 1962. Curculioniden aus Anatolien nebst einigen Bemerkungen (172. Beitrag zur Kenntnis der Curculioniden). *Reichenbachia*, 1 (2): 5-15.

Economic Impact Analysis of Value Chain Development Programme (Vcdp) on Productivity of Rice Farmers in Niger State, Nigeria

Olugbenga Omotayo ALABI^{1*}  | Ajayi Godfrey SUNDAY²  | Elizabeth EBUKIBA¹ 

¹ Department of Agricultural-Economics, Faculty of Agriculture, University of Abuja, PMB 117 Gwagwalada-Abuja, Federal Capital Territory, NIGERIA.

² Plot 1027, Abdul One Mohammed Close, Off Abdulsalam Abubakar Way, Gudu District, Abuja, NIGERIA

Correspondence

Department of Agricultural-Economics, Faculty of Agriculture, University of Abuja, PMB 117 Gwagwalada-Abuja, Federal Capital Territory, NIGERIA. Email: omotayoalabi@yahoo.com

Abstract

This study evaluated economic impact analysis of value chain development programme on productivity of rice farmers in Niger State, Nigeria. Primary data were used. A multi-stage sampling technique was used to select a total sample size of two hundred and ninety-two (292) rice farmers which comprised of one hundred and fifty-five (155) value chain development program beneficiaries and one hundred and thirty-seven (137) non-beneficiaries. Data were analyzed using descriptive statistics, farm budgeting technique, total factor productivity index, Tobit dichotomous regression model, propensity score matching (PSM), principal component analysis, F-Chow test, and t-test. The results revealed that the 65.81% of the rice farmers who benefited from the value chain program were male. Also, 48.91% of the non-beneficiaries of VCDP were at sub-optimal productivity level, while 36.13% of the beneficiaries were at super-optimal productivity level. The result of the Tobit regression estimates shows that the significant factors influencing total factor productivity were: that household size ($P < 0.10$), farm experience ($P < 0.10$), access to credit ($P < 0.05$), labour input ($P < 0.10$), and farm size ($P < 0.10$). Rice production in the study area was profitable. The coefficient of Average Treatment Effect for all matching algorithms for yields of rice farmers such as nearest neighbor, radius, kernel, and stratification were significant at ($P < 0.01$). This shows that value chain development program impacted positively on productivity of rice farmers. Extension officers should be employed to train rice farmers. Governments should put policies in place that will help remove bottlenecks in accessing agricultural loans.

Keywords: Economic Impact, Value Chain Development Programme, Productivity, Niger State, Nigeria.

INTRODUCTION

Agriculture plays a key role in rural transformation and improvement in the overall well-being of Nigerians. Agriculture is an important source of employment and a catalyst in the GDP and wealth creation process in many African countries (Ayevbuan, Popoola and Adeoti, 2016). Rice (*Oryza sativa L.*) is the world's most important food products, as research has shown that about three billion people world-wide consume rice every day, the increasing rate of consumption makes most countries import dependent on rice (Agbogo, Udouso, and Tiku, 2013). In the Nigerian agriculture environment, rice has become an increasingly important commodity for majority of Nigerians, and it constitutes about 20% of total food expenditure (Braun, 2006). Rice generates more income for Nigerian farmers than any other cash crop in the country. A report by the Federal Ministry of Agriculture and Rural Development indicated that domestic rice consumption is below per capita need. Estimated national demand for rice in Nigeria is about 5.2 million tons per annum, where production is estimated at only 3.3 million tons and a deficit of 1.9 million for importation with the attendant drain on the nation's

foreign reserve (Onyeneke, 2017). The Nigerian rice production sector reflects the combined effects of both the traditional and non-traditional rice production techniques which is primarily sold in its paddy form. It is view of this that the International Fund for Agriculture Development (IFAD) adopted the innovative rice production technique in Nigeria to enhance the quality and purity of locally produced rice in six States (Abia, Anambra, Benue, Ebonyi, Niger, Ogun and Taraba) under the rice and cassava Value Chain Development Programme (VCDP) in order to complement the growing rice demand particularly at the rural poor and also to serve as a means of empowerment. With the magnitude of untapped resources in sub-Saharan Africa, the focus of the international community (Agricultural finance donors) has shifted from food aid to developing the capacity of the numerous smallholder farmers to increase their productivity (Mgbenka and Mbah, 2016). Africa has large expanse of land and with enough resources, agriculture would set a new pace for Africa's growth and development. The IFAD intervention maximizes the potentials of smallholder farmers by exposing them to opportunities through inputs support, market access and services that would increase their farming yields, build their human capacity, and consequently increase their income. The programme, through commodity-specific Value Chain Action Plans (VCAP) at different local governments in the participating states engages with actors along the chain – producers, processors, marketers and their farmer organisations as well as public and private institutions, service providers, policy and regulatory environment to deliver relevant and sustainable activities that would lead to gradual transformation of the sector and contribute to achieving food security, expand income-generating activities and employment opportunities. The concept of 'agricultural value chain' includes the full range of activities and participants involved in moving agricultural products from input suppliers to farmers' fields, and ultimately, to consumers' tables (Miller and Jones, 2010). Value is added by some additional transformation or enhancement made to the product. This may be simply moving the product from one point of manufacture to the market or to complex processing and packaging. At each stage of the chain, the value of the product goes up because the product becomes more available or attractive to the consumer. Efficient value chains normally reduce the use of intermediaries in the chain, and strengthen value-added activities because of better technology and inputs, farm gate procurement, upgraded infrastructure, improved price opportunities through demand-driven production. Value chain participants sometimes cooperate to improve the overall competitiveness of the final product, but may also be completely unaware of the linkages between their operation and other upstream or downstream participants (Keyser, 2015). Value chains therefore encompass all of the factors of production including land, labour, capital, technology, and inputs as well as all economic activities including input supply, production, transformation, handling, transport, marketing, and distribution necessary to create, sell, and deliver a product to a certain destination.

Objectives of the Study

The broad objective is to analyze economic impact of value chain development programme (VCDP) on productivity of rice farmers' in Niger State, Nigeria. The specific objectives were to:

- (i) determine the socio-economic characteristics of rice farmers' beneficiaries and non-beneficiaries of VCDP,
- (ii) analyze the costs, returns, and profitability of rice production for beneficiaries and non-beneficiaries of VCDP,
- (iii) evaluate factors influencing total factor productivity of rice farmers' beneficiaries of VCDP,
- (iv) evaluate the impact of VCDP on productivity of the rice farmers' beneficiaries, and
- (v) identify the constraints faced by rice farmers' beneficiaries of VCDP in the study area.

Methodology

This study was carried out in Niger State, Nigeria. It lies between Latitudes 80⁰ to 11⁰30' North and Longitudes 03⁰ to 07⁰40' East. It has a total population of 5,556,200 (NPC, 2016).

The predominant occupation of the people is farming, crops grown in the state are rice, maize, yam, sorghum, and millet. The target population for this study was all rice farmers that are participants and non-participants in the value chain development programme in Niger State, Nigeria. Purposive sampling method was used to select Niger State because it is one of the State participating in the Value Chain Development Programme (VCDP) initiative of the Federal Government of Nigeria and The International Fund for Agricultural Development (IFAD) programme on the improvement of rice and cassava value chain. Multistage sampling procedure was adopted in selection of representative samples. First stage, five (5) Local Government Areas were selected. The second stage, simple random sampling technique using raffle-draw ballot-box raffle-draw method was adopted to select the two (2) wards from each of the five (5) Local Governments Areas. In the third stage, systematic sampling techniques was used. Firstly, simple random sampling was used to select the first respondents, subsequently; systematic sampling will be used to select every nth (3rd) rice farmers participating in the value chain development programme from the list of registered rice farmers obtained from the baseline survey. A total sample size of 292 rice farmers was selected comprising of 155 beneficiaries and 137 non-beneficiaries of Value Chain Development Programme (VCDP). Primary sources were used to gather necessary data from the sample respondents.

The following analytical tools were used to achieve stated objectives:

Descriptive Statistics

Descriptive statistics involves the use of mean, mode, range, frequency distribution tables and percentages, minimum and maximum values and standard deviations.

Farm Budgeting Technique

Gross Margin Analysis is by definition the difference between total revenue and total variable cost (Olukosi and Erhabor, 2005). Gross margin model is expressed as follows:

$$GM = \sum_{i=1}^n TR_i - \sum_{i=1}^n TVC_i \dots \dots \dots (1)$$

$$NFI = TR - TC \dots \dots \dots (2)$$

Where,

GM = Gross Margin (Naira),

TR = Total Revenue or Total Value of Output from the Rice Enterprise (Naira),

TVC = Total Variable Cost (Naira), and

TR = P.Q (Naira).

Where, P = Price of Rice Produced in Naira per Kilogram, Q = Output of Rice Produced in Kilogram.

NFI = Net farm Income (Naira),

TC = Total Cost (Naira).

Financial Analysis

Gross Margin Ratio (GMR) following Ben-Chendo *et al.* (2015) was used to determine the profitability of rice production in the study area.

$$\text{Gross Margin Ratio} = \frac{\text{Net Farm Income}}{\text{Total Revenue}} \dots \dots \dots (3)$$

Total Factor Productivity Index (TFP)

TFP model Following Singh *et al.* (2019) and Sadiq *et al.* (2015), was used. The TFP approach adopted is given as: -

$$TFP = \frac{Y}{TVC} \dots \dots \dots (4)$$

$$TFP = \frac{Y}{\sum P_i X_i} \dots \dots \dots (5)$$

Where,

Y = Output (Kg),

TVC = Total Variable Cost (₦),

P_i = Unit Price of ith Variable Input (₦), and

X_i = Quantity of ith Variable Input (Kg).

This methodology ignores the role of total fixed cost (TFC) as it does not affect both the profit maximization and the resource use efficiency conditions as the study focused on smallholder farmers. Total fixed cost is constant as it is fixed.

From Cost Theory:

$$AVC = \frac{TVC}{Y} \dots \dots \dots (6)$$

Where, AVC = Average Variable Cost in naira (₦)

Therefore, the transpose of AVC will be TFP

$$TFP = \frac{Y}{TVC} = \frac{1}{AVC} \dots \dots \dots (7)$$

As such, TFP is the inverse of the AVC. The partial productivity estimate is the marginal products (MP) given as

$$MP = \frac{\Delta TFP}{\Delta X} \dots \dots \dots (8)$$

Tobit Dichotomous Regression Model

Tobit model following Tobin, (1958) as stated in Sadiq *et al.* (2015) was adopted for this study and used to achieve part of stated specific objective one (i). The model is given below: -

$$Y_i^* = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \varepsilon_i \dots \dots \dots (9)$$

Y_i^{*} is a censored variable. Now,

$$Y_i = 0 \text{ if } Y_i^* \leq 0$$

$$= Y_i^* \text{ if } Y_i^* > 0$$

Where,

Y_i^{*} = TFP Index of the ith Farmer (Units) (1, TFP > 0; 0, Otherwise),

i = Number of Independent Variables,

α₀ = Intercept,

β₁ – β₆ = Regression Coefficients,

X₁ = Size of Households (Total Number of Persons),

X₂ = Farm Experience (Years),

X₃ = Access to Credit (1, Access; 0, Otherwise),

X₄ = Labour Input (Mandays),

X₅ = Age of Rice Farmers (Years),

X₆ = Farm Size (Ha), and

U_i = Error Term.

Propensity Scoring Matching

Propensity score matching was employed to determine the impact of value chain development programme on the net farm income of the participants of the programme; usually the propensity score matching is used in programme evaluation to access whether the programme has impact on the participants. The most common evaluation parameter of interest is the Average Treatment Effect on the treated (ATT) which is defined as: -

$$ATT = E\left(\frac{Y_1 - Y_0}{P = 1}\right) - \left(\frac{Y_1}{P = 1}\right) \dots \dots \dots (10)$$

The propensity score is the probability of the participation for farm households, if given a set $X = X_i$ of characteristics.

$$P(X) = Pr\left(\frac{P = 1}{X = X_i}\right) \text{ (Pufahl and Weiss, 2009) } \dots \dots \dots (11)$$

The propensity scores were derived from the regression model in which these characteristics were compared. The impacts of treatment on the treated (causal effect of project participants) were estimated by computing the differences across both groups:

$$ATT = \frac{1}{N_1} [Y_1 - Y_0] \dots \dots \dots (12)$$

Where,

ATT = Average Impact of Treatment on the Treated,

N_1 = Number of Matches (From Regression Model),

Y_1 = Productivity Index by Participants, and

Y_0 = Productivity Index by Non-Participants.

A positive (Negative) value of ATT will usually suggest that participants in a programme have higher (lower) outcome variable than non-participants. This was used to achieve specific objective four (iv)

Principal Component Analysis (PCA)

The constraints faced by rice farmers participating in the value chain development program was achieved using principal component tools (PCA).

F-Chow Test

F-chow Test statistics is often used in programme evaluation to determine whether the programme has impacts on different subgroup population. Chow Test is an application of the F-distribution test, if F-chow is greater than the F-Table, then there is a projects impact on the beneficiaries otherwise, there is no impact. The model is specified as follows:

$$F\text{-Chow Test} = \frac{\frac{RSS - (RSS_1 + RSS_2)}{K}}{\frac{RSS_1 + RSS_2}{(N_1 + N_2 - 2K)}} \dots \dots \dots (13)$$

Where,

RSS = Sum of Square Residual from Pooled Data,

RSS_1 = Sum of Square from the First Group (participants),

RSS_2 = Sum of Square from the Second Group (Non-Participants),

K = Total Number of Parameter,

N_1, N_2 = Number of Observation in Each Group

RESULTS and DISCUSSION

Socio-Economic Profiles of Rice Farmers VCDP Participants and Non-Participants

Table 1 shows the result of the socio-economic profiles or characteristics of rice farmers. Majority (65.81%) of the rice farmers who benefited from the value chain program were male, while 34.19% were female, in the same vein majority (78.10%) rice farmers who do not benefit from the value chain program were male, while 21.90% were female. When combined the majority (71.58 %) of the rice farmers were male, while 28.42% were female. This is in agreement with the findings of Yusuf (2022).

From the result, majority (65.81%) of the rice farmers that benefited from the value chain program were less than 50 years of age. The mean age of rice farmers' beneficiaries was 46.91 years. The non-beneficiaries had a mean age of 51.67 years with 41.61% of them less than 70 years of age. When combined the mean age was 49.15 years. This implies that most of the rice farmers were predominantly young, resourceful, and energetic in their economically active age. Farmers' age is said to influence farmers' maturity and decision-making ability (Sani *et al.*, 2014). The results show that younger farmers are likely to be agile, more likely to adopt modern production technologies with potential high productivity. This finding is similar to that of Sani *et al.* (2014). About 55.48% of the beneficiaries had less than 10 people as members of households. The mean household sizes were 12, 10, and 11 people for beneficiaries, non-beneficiaries, and when combined respectively. This has a direct implication on labor supply to the farm because of the potential contributions to labor available for rice production. The results agree with the findings of Sani *et al.* (2010) and Fakayode *et al.* (2014). Furthermore, 50.32% of the rice farmers in the study area who benefited from the program had between 11 and 20 years of experience in rice production. Also, 50.36% of the rice farmers in the study area who do not benefit from the program had between 21 and 30 years of experience. The mean years of experience were 21.53 years, and 17.94 years for beneficiaries, and non-beneficiaries respectively. According to Olaoye *et al.* (2013) number of years of experience could improve skills and better approaches to rice farming practices. Experience can help to correct past errors and expand or contract the scale of the applications of tested skills. This result is in line with findings of Yusuf (2022).

Most (74.19%) of the rice farmers who benefitted from the program were married, also majority (81.02%) of the rice farmers who do not benefited were married. In all, most (77.40%) were married. The high proportion of the farmers who were married was an indication that family labor could be available for rice farmers in the study area. This result agrees with the findings of Abah and Tor (2012). Also, 83.87% of the rice farmers that benefitted from the value chain program had formal education. About 96.35% of the rice farmers that do not benefit from the program had formal education, in all, 89.73% of the rice farmers had formal education. The expectations are rice farmers had formal education given that the respondents had attained at least 6 years in school. This agrees with the findings of Alabi *et al.* (2022). About 71.61% of beneficiaries had access to credit, while 68.61% of non-beneficiaries of the program had no access to credit. This result indicates that agricultural loans were easily accessible to rice farmers who participated in the value chain program in the study area. Also 78.77% of rice farmers in the study area had access to the extension agent. Adoption of rice production technologies is highly facilitated by the efforts of extension workers in introducing and demonstrating new research findings, innovation to the farmer how to use the technologies. This result agrees with findings of Tijani *et al.* (2015).

Table 1: Socio-Economic Profiles or Characteristics of the Rice Farmers in the Study Area

Variables	Non- Beneficiaries			Beneficiaries			Combined		
	Freq.	Per	Mean	Freq	Per	Mean	Freq	Per	Mean
Sex									
Female	30	21.90		53	34.19		83	28.42	
Male	107	78.10		102	65.81		209	71.58	
Age (Years)			51.67			46.91			49.15
21 – 30	-	-		13	8.39		13	4.45	
31 – 40	19	13.87		29	18.71		48	16.44	
41 – 50	38	27.74		60	38.71		98	33.56	
51 – 70	80	58.39		53	34.19		133	45.55	
Household Size (Units)			12.64			10.79			11.66
1 – 10	41	29.93		86	55.48		127	43.49	
11 – 20	90	65.69		60	38.71		150	51.37	
20 – 30	6	4.38		9	5.80		15	5.14	
Farm Experience (Years)			21.53			17.94			19.65
1 – 10	19	13.87		26	16.77		45	15.41	
11 – 20	29	21.17		78	50.32		107	36.64	
21 – 30	69	50.36		31	20.00		100	34.25	
31 – 40	20	14.6		20	12.90		40	13.69	
Marital Status									
Single	26	18.98		16	10.32		42	14.38	
Married	111	81.02		115	74.19		226	77.40	
Widow/widower	-	-		18	11.61		18	6.16	
Divorced	-	-		6	3.87		6	2.05	
Level of Education									
Non-Formal Education	5	3.65		25	16.13		30	10.27	
Primary	55	40.15		29	18.71		84	28.77	
Secondary	77	56.20		61	39.35		138	47.26	
Tertiary	-	-		40	25.81		40	13.70	
Member of Cooperative									
No	58	42.34		44	28.39		102	34.93	
Yes	79	57.66		111	71.61		190	65.07	
Access to Credit									
No	94	68.61		40	25.81		134	45.89	
Yes	43	31.39		115	74.19		158	54.10	
Extension Visit									
No	24	17.52		38	24.52		62	21.23	
Yes	113	82.48		117	75.48		230	78.77	
Total	137	100		155	100		292	100	

Freq = Frequency; Per = Percentage

Source: Field Survey (2020)

Total Factor Productivity Index of Smallholder Rice Farmers

The summary statistics of the total factor productivity indices showed that 48.91% of the non-beneficiaries were at sub-optimal productivity, while, 36.13% of the beneficiaries were at super-optimal productivity and 34.84% were at optimal productivity. This suggests that the value chain development program had an impact on the productivity of rice farmers in the study area. (Table 2). The mean total factor productivity for non-beneficiaries was 0.92, while that of the beneficiaries was 1.06 which is about 7% in total factor productivity. This result is in line with the findings of Sadiq *et al.* (2015). Figure 1 below gives a pictorial diagram of the total factor productivity of the smallholder rice farmers who benefitted from the value chain development program in the study area.

Table 2: Total Factor Productivity Index of Smallholder Rice Farmers

TFP Index	Non-Beneficiaries		Beneficiaries		Combined	
	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
Sub-Optimal (< 1.00)	67	48.91	45	29.03	112	38.36
Optimal (1.01–1.09)	47	34.31	54	34.84	101	34.59
Super-Optimal (≥ 1.10)	23	16.79	56	36.13	79	27.05
Total	137	100	155	100	292	100
Mean	0.92		1.06		0.99	
Minimum	0.06		0.54		0.06	
Maximum	1.92		2.3		2.3	
Standard Deviation	0.29		0.27		0.28	

Source: Field Survey (2020)

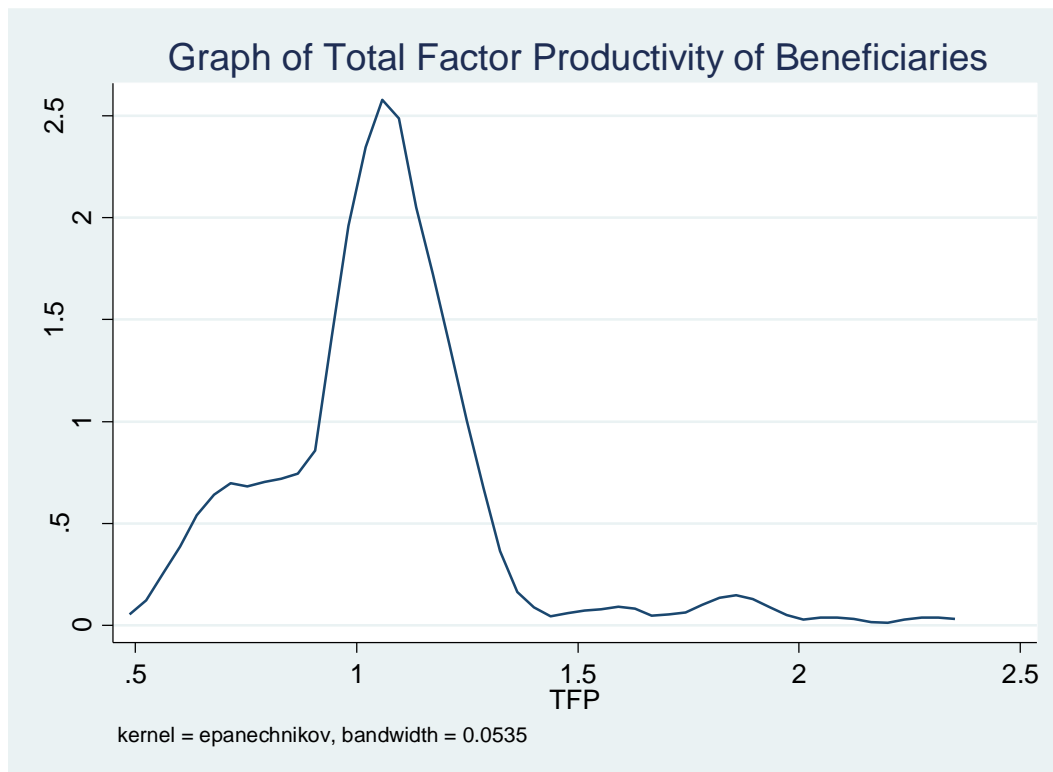


Figure 1: Total Factor Productivity of Beneficiaries of VCDP

Factors Influencing Total Factor Productivity of Smallholder Rice Farmers

The results of the Tobit regression estimates of the factors influencing total factor productivity of rice farmers who participated in value chain development program were presented in Table 3. The explanatory variables included in the Tobit regression model were: household size, farm experience, access to credit, labor input, age of farmers, and farm size. From Table 3, variables with positive coefficient leads to an increase in total factor productivity, while, variables with negative coefficient lead to a decrease in total factor productivity. The results showed that household size (X_1), farm experience (X_2), and farm size (X_6) were statistically significant at 10% probability levels respectively. Labor input (X_4) was statistically significant at 5% probability level. From the regression result, household size (X_1) was negatively related to total factor productivity. Marginal effect shows that a unit increase in household size will lead to a 0.006 marginal decrease in total factor productivity. This result disagrees with the findings of Sadiq *et al.* (2015). The farming experience was positively related to total factor productivity. Returns of marginal effect shows that a unit increase in farming experience will lead to a 0.004 marginal increase in total factor productivity of rice production. Labour input was negatively related to total factor productivity. A unit increase in labor input will lead to a 0.003 marginal decrease in total factor productivity of rice production. The Log-Likelihood and Chi-Square value were -56.61 and 12.37 respectively. The Chi-Square was significant at ($P < 0.05$).

Table 3: Maximum Likelihood Estimate (MLE) of the Tobit Regression Model

TFP	Coefficient	Standard Error	t-value	Marginal Effect
Household Size (X ₁)	-0.006	0.006	1.70*	-0.006
Farm Experience (X ₂)	0.004	0.003	1.85*	0.004
Access to Credit (X ₃)	0.031	0.054	0.58	0.031
Labour Input (X ₄)	-0.003	0.001	-2.26**	-0.003
Age of Farmer (X ₅)	0.003	0.003	0.93	0.003
Farm Size (X ₆)	-0.050	0.028	-1.82*	-0.050
Constant	1.256	0.121	10.41	-0.006

Chi Square = 12.37**

Log-Likelihood = -56.61

Pseudo R² = 0.1207

** - Significant at (P≤0.05); * - Significant at (P≤0.10)

Source: Field Survey (2020)

Costs, Returns and Profitability Analysis of Rice Production among Beneficiaries and Non-Beneficiaries of Value Chain Development Programme

The various costs incurred on various resources used and the benefits (profit) received from the sales of the products were estimated based on the market price at the period under consideration (2019/2020 farming season) is presented in Table 4. The total revenue for program beneficiaries and non-beneficiaries was estimated to be ₦698, 400.00 and ₦381, 600.00 respectively. The total variable cost for program beneficiaries and non-beneficiaries was estimated to be ₦216, 177.00 and ₦251, 712.31 respectively. The fixed cost for program beneficiaries and non-beneficiaries was estimated to ₦39, 625.26 and ₦19, 000.00 respectively. The variable cost for program beneficiaries and non-beneficiaries accounted for 85% and 80% of the total cost of production. The gross margin for program beneficiaries and non-beneficiaries was estimated to be ₦482, 223.00 and ₦129, 887.69 respectively. On average both program beneficiaries and non-beneficiaries made a net farm income of ₦442, 597.74 and ₦110,887.69 respectively per hectare of rice production in the study area. The gross margin ratio for program beneficiaries and non-beneficiaries was 69% and 34% respectively. This indicates that rice production in the study area was profitable. This implies that for every one Naira generated from sales by smallholder rice farmers that benefitted and non-beneficiaries of the program, 69.00kobo and 34.00kobocovered the operating costs and profit respectively. This suggests that rice production by the program beneficiaries were more profitable than non-beneficiaries. The percentage change in the gross margin ratio was 50.72%.

Table 4: Costs, Returns and Profitability Analysis of Rice Production Per Hectare

	Beneficiaries	Non- Beneficiaries	Combined
Variable Costs			
Seed Cost	23,143.55	24,545.12	47,688.67
Fertilizer Cost	70,835.00	84,682.97	155,517.97
Agrochemical cost	5,973.71	10,281.58	16,255.30
Land Preparation cost	27,248.91	29,531.68	56,780.59
Planting Cost	17,433.91	19,470.26	36,904.17
Fertilizer Application cost	12,481.96	17,141.34	29,623.30
weeding cost	20,634.07	23,358.38	43,992.45
Harvesting Cost	22,152.84	23,474.40	45,627.24
Jute bag Cost	5,037.31	11,048.61	16,085.92
Consume Cost	12,267.83	7,045.15	19,312.98
Gifts Cost	4,549.35	4,538.49	9,087.84
Transportation Cost	17,562.11	21,139.45	38,701.56
Total Variable Cost	216,177.00	251,712.31	467,889.31
Fixed Costs			
Rent on Land	36,625.26	15,500.00	52,125.26
Equipment	3,000.00	3,500.00	6,500.00
Total Fixed Cost	39,625.26	19,000.00	58,625.26
Total Cost	255,802.26	270,712.31	526,514.56
Quantity (Kg)	3,492.00	1,908.00	5,400.00
Unit Price	200.00	200.00	200.00
Total Revenue	698,400.00	381,600.00	1,080,000.00
Gross Margin	482,223.00	129,887.69	612,110.69
Net Farm Income	442,597.74	110,887.69	553,485.44
Gross Margin Ratio	0.69	0.34	0.57

Source: Author (2020)

Propensity Score Matching of the Impacts of Value Chain Development Programme on Productivity (Yield) of Rice Farmers

Table 5 shows the propensity score matching of the Impacts of Value Chain Development Programme on Productivity (Yield) of Rice Farmers. The coefficient of average treatment effect on Yield of Rice Farmers for nearest neighbour, radius, kernel, and stratification were positive. All the matching algorithms were significant at 1% probability levels. This means that considering the matching method selected the program had a positive impact on the yield of farmers for the beneficiaries. The value of average treatment effects for nearest neighbour, radius, kernel, and stratification were 0.609, 0.622, 0.626, and 0.614 respectively. They were all statistically significant at ($P < 0.01$) respectively.

Table 5: Average Treatment Effect of Before and After Bootstrap on Yield of Rice Farmers

Matching Algorithm	ATT	Standard Error Before Bootstrap	Standard Error After Bootstrap	Bias	t-Value
Nearest Neighbour	0.609	0.052	0.0408	0.0073	13.314 ***
Radius	0.622	0.035	0.0311	0.0050	19.980 ***
Kernel	0.626	-	0.034	0.0083	18.610***
Stratification	0.614	0.036	0.035	0.0024	17.611 ***

Source: Field Survey (2020)

Constraints Faced by Rice Farmers Participants in Value Chain Development Programme in the Study Area

Principal Component Analysis is a statistical technique that transfers a data set with many interrelated variables into one with a smaller number of uncorrelated variables. From the result presented in Table 6, the number of principal components retained using the Kaiser criterion was four (4) which had an Eigen-value above 1. At this component, for beneficiaries, 58% of the variations have been explained by the component captured in the model for beneficiaries of VCDP. The Kaiser-Meyer-Olkin which measures of sampling adequacy (KMO) was 0.515 and Bartlett test of sphericity was 80.579 and significant at a 1% level of probability which further demonstrated the feasibility of employing the data set for factor analysis. The result in Table 6 further shows the constraints faced by rice farmers' beneficiaries of the value chain development program in the study area as identified by the farmers. From the results, herdsman and farmers-clashes was rank 1st in the order of importance based on the perceptions of the rice farmers with 19% proportion. Inadequate funds were ranked 2nd in the order of importance based on the perceptions of the rice farmers with 14%. Bureaucracy in accessing credit was ranked 3rd in the order of importance based on the perceptions of the rice farmers with 13%. Inadequate fertilizers were ranked 4th in the order of importance based on the perception of the rice farmers with 11%. The results agreed with that of Yusuf (2022).

Table 6: Principal Component Analysis of Constraints Faced by Rice Farmers in Niger State, Nigeria

Component	Eigen-Value	Proportion	Cumulative
Herdsman's and Farmer Clashes	1.74	0.19	0.19
Inadequate Funds	1.28	0.14	0.33
Bureaucracy in Accessing Credits	1.18	0.13	0.46
Inadequate Fertilizer	1.02	0.11	0.58
Pest and diseases	0.97	0.10	0.68
Poor Access to Extension Agent	0.87	0.09	0.78
Distance to the Market	0.72	0.08	0.86
High Cost of Labour	0.69	0.08	0.94
High Cost of Maintenance	0.49	0.05	1.00

Bartlett Test of Sphericity
Chi-Square=80.579***
KMO= 0.515

Source: Field Survey (2020)

Analysis of the Significant Impact of Value Chain Development Programme, on Productivity of Rice Farmers in the Study Area

Table 7 reveals the F-chow-test analysis between impact of value chain development program on productivity of rice production in the study area. Based on the findings of this study, the hypothesis which states that there is no significant impact of value chain development program on productivity of rice production in the study area was rejected, while the alternative hypothesis which states that there is significant impact of value chain development program on productivity of rice production in the study area was accepted. This implies that the value chain development program had impact on the yield of rice production in the study area.

Table 7: Chow – Test Analysis of Impact of Value Chain Development Program on Productivity of Rice Farmers in the Study Area

Group Sample	R ²	Residual Sum of Square	N	K	F-Cal	F-Tab	Prob
Pooled	0.0968	21.029	292	3	10.29	1.96	0.0000
Participants	0.1770	12.003	155	3	10.82	1.96	0.0000
Non- Participants	0.0599	8.1473	137	3	2.82	1.96	0.0413

***, Significant at 5% level of Probability

Source: Field Survey (2020)

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

The rice farmers' beneficiaries of value chain development programme were young, energetic, and resourceful with a mean age of 46.91 years. The mean values of total factor productivity for non-beneficiaries and beneficiaries were 0.92 and 1.06 respectively. Household size, years of experience, labour input were statistically significant factors influencing the total factor productivity of rice farmers in the area. The mean values of total factor productivity for non-beneficiaries and beneficiaries were 0.92 and 1.06 respectively. Household size, years of experience, labour input were statistically significant factors influencing the total factor productivity of rice farmers in the area. The matching algorithms such as nearest neighbour, radius, kernel, and stratification were significant at ($P < 0.01$) both for yield of rice farmers. This shows that the value chain development programme impacted positively on the yield and net farm income of rice farmers.

The policy implications and recommendations from this study include:

- (i) Provision of extension officers to train rice farmers on new technologies, innovation, and new research findings
- (ii) Rice farmers should be provided with farm inputs and improved varieties of rice. This will increase rice production and hence net farm income.
- (iii) Governments are hereby enjoined to put policy in place that will help remove administrative bottle necks in accessing agricultural loans.
- (iv) Rice farmers should be provided with credit facilities at low interest rate with no collateral securities. This will enable the farmers improve productivity and hence net farm income.

REFERENCES

- Agbogo, E.A; Udouso, A.B & Tiku, E.N (2013). Analysis of factors affecting rice consumption in Cross River State, Nigeria. *JOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, (2)4, 29-33 www.iosrjournal.org
- Alabi, O.O., & Safugha, G.F. (2022). Efficiency of Resource-Use and Marginal Value Productivity Analysis Among Maize Farmers, Abuja, Nigeria. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*, 6(2):28-33.
- Ayebuomwan, O.; Popoola, O.A; and Adeoti, A.I (2016). Analysis of Women Empowerment in Rural Nigeria: A Multidimensional Approach, *Global Journal Inc. USA*, OnlineISSN:2249-460x
- Ben-Chendo, G, N., Lawal, N., Osuji, M.N., Osugiri, I.I., and Ibeagwa, B.O (2015). Cost and Returns of Paddy Rice Production in Kaduna State, Nigeria. *International Journal of Agricultural-Marketing*, 2 (5), 084 – 089.
- Braun, J.V. (2006). “Public Policy and International Collaboration for Sustaining and Expanding the Rice Revolution”, A Keynote Address at the 2nd International Rice Congress on Science, Technology and Trade for Peace and Prosperity, published by the International Food Policy Research Institute (IFPRI) Washington D.C.USA, pp. 17.
- Fakayode, S.B., Babatunde R.D and Ajao R. (2014). “Productivity Analysis of Cassava-Based Production Systems in the Guinea Savannah: Case Study of Kwara State, Nigeria”. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 3, 33-39
- Keyser, J. (2015). *Definition of methodology and presentation of templates for value chain analysis*. Background paper for the Competitive Commercial Agriculture in Sub-Saharan Africa (CCAA) Study, 35pp.
- Miller, C. and Jones, L. (2010). *Agricultural value chain finance - Tools and lessons*. Food and Agriculture Organization. Warwickshire: Practical Action Publishing Ltd. Pp. 176.
- Mgbenka, R.N and Mbah, E,N (2016). A Review of Smallholder Farming in Nigeria: Need for Transformation. *International Journal of Agricultural Extension and Rural Development Studies*, 3 (2), 43 – 54.
- Olukosi, J.O. and Erhabor, P.O (2005). *Introduction to Farm Management Economics: Principles and Applications*. Zaria: AGITAB Publishers.
- Oyeneke, R.U (2017). Determinants of Adoption of Improved Technologies in Rice Production in Imo State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 12 (11), 886 – 896.
- Doi:10.5897/AJAR2016.11737.
- Pufahl, A and Weiss, C.R (2009). Evaluating the Effects of Farm Programmes: Result from Propensity Score Matching. *European Review of Agricultural Economics*, 36(1), 79 - 101
- Sadiq, S. M., Singh, I. P., Kolo, M. D. (2015). Resource Optimization in small- scale fish farming in Mina Agricultural zone of Niger State, Nigeria. *International Journal of Innovative Research and Development*, 4(1), 123-128.
- Sani A, Yakubu, A.A., and Bello, H.M. (2014). Resource-Use Efficiency in Rice Production Under Small Scale Irrigation in Bunkure Local Government Area of Kano State. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 18(2), 292-296
- Sadiq, M.S., Singh, I.P., Ahmad, M.M and Lawal, M (2019). Total Factor Productivity (TFP) of Productive Resources Used in Homestead Poultry Broiler Farms in Niger State of Nigeria. *Journal of Agricultural Sciences*, 64 (1): 101 – 119.

- Tijani, B. (2015). Federal Ministry of Agriculture and Rural Development Action Plan Towards the Attainment of a Sustainable Agricultural Transformation in Nigeria. Being a Lead Paper Delivered at the World Food Day Seminar, Agricultural Show Ground Keffi Road, Abuja, Nigeria. pp. 1 – 10.
- Yoezer, K. (2023). Economic and Technical Efficiency of Maize Production in The Eastern District of Bhutan: Stochastic Frontier Approach. *Asian Journal of Social Sciences and Economics*, 19(2):15-20
- Yusuf, T.M. (2022) Profit Efficiency of Small-scale Rice Farms in Patigi Local Government Area of Kwara State, Nigeria. *International Journal of Innovative Research and Advance Studies*, 9(1): 1-9

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Farklı Kuru Fasulye Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi

Erkan BOYDAK ^{1*} Rıdvan FIRAT ² Büşra KAYANTAŞ ³ 

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık MYO, Bingöl, Türkiye

Sorumlu Yazar

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye
Email: eboydak@bingol.edu.tr

Abstract

Bu araştırma; doğu geçit bölgesinde bazı kuru fasulye çeşitlerinin verim ve verim unsurlarını belirlemek amacıyla ilkbahar döneminde iki yıl yürütülmüştür. Denemede Akman98, Berrak, Cihan, Göynük98, Kırşehir98, Noyanbey, Yedisu22 ve yunus90 çeşitleri kullanılmıştır. Deneme Tesadüf blokları desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Yapılan istatistikî analizlerde, incelenen parametreler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda; bitki boyu ilk yıl 52.67-40.13 cm ikinci yıl 79.50-50.17 cm, bakla sayısı ilk yıl 33.77-21.00 ad./bit. İkinci yıl 24.37-17.13 ad./bit. , baklada tohum sayısı ilk yıl 6.50 ad./bakla ikinci yıl 4.67-3.67 ad./bakla, bakla uzunluğu ilk yıl 11.20-9.17 cm ikinci yıl 10.88-8.72 cm , 100 tane ağırlığı ilk yıl 35.95-16.21g ikinci yıl 41.43-33.27 g ve dekara verim ilk yıl 262.20-150.52 kg/da ikinci yıl 171.67-99.99 kg/da arasında değişim göstermiştir. En yüksek verim 262.20 kg/da ile Kırşehir98 çeşidinden elde edilirken, en düşük verim ise 99.99 kg/da ile Berrak çeşidinden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuru Fasulye, çeşit, verim

Determination of Yield and Yield Components of Different Dry Bean Genotypes**Abstract**

This research; It was carried out for two years in the spring in order to determine the yield and yield components of some dry bean varieties in the eastern passage region. Akman98, Berrak, Cihan, Göynük98, Kırşehir98, Noyanbey, Yedisu22 and yunus90 varieties were used in the experiment. The experiment was set up with three replications according to the Random Blocks design. In the statistical analysis, significant differences were detected between the parameters examined. As a result of the research; plant height was 52.67-40.13 cm in the first year, 79.50-50.17 cm in the second year, and the number of pods is 33.77-21.00 pcs/bit in the first year. Second year 24.37-17.13 ad./bit. , the number of seeds per pod is 6.50 pcs/pod in the first year, 4.67-3.67 pcs/pod in the second year, pod length is 11.20-9.17 cm in the first year, 10.88-8.72 cm in the second year, 100 seed weight is 35.95-16.21g in the first year, 41.43-33.27 in the second year. The yield for per decare varied between 262.20-150.52 kg/da in the first year and 171.67-99.99 kg/da in the second year. While the highest yield was obtained from Kırşehir98 variety with 262.20 kg/da, the lowest yield was obtained from Berrak variety with 99.99 kg/da.

Key Words: Dry Bean, Variety, Yield

GİRİŞ

Amerika ve güney asya kökenli olduğu bilinen fasulye, *Phaseolus* cinsine dahil olup yaklaşık 230 takson içermesine rağmen yabancı formlar çoğunluktadır. (Çiftçi ve Adak, 2011). Baklagiller Tarla Bitkileri üretimi içerisinde ekim alanı ve üretim miktarı olarak önemli yere sahiptir. Ayrıca zengin besin değeri içeriği ve ekildiği toprağa olumlu katkılar sağladığı için ayrıca bir öneme sahiptir. Dünyada soya ve yerfıstığından sonra üçüncü sıradadır.(Fageria ve ark., 2014). Baklagil üretimini önemli kılan bazı faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz; Protein kaynağı olması, sera gazlarını toprakta tutması, topraktaki organik maddeyi ve toprağın su tutma miktarını artırması, toprak kalitesini artırması, azotlu gübre kullanımında iktisat edilmesi, artçı bitkiye azotlu bir ortam bırakması (Çevik, 2021). Özellikle et fiyatlarının pahalı olduğu yerlerde daha ucuz protein elde etmeye imkan sağlaması nedeniyle de beslenme açısından önemli bir yeri vardır.

Yemelik baklagiller nohut, Kuru fasulye, bezelye, mercimek, bakla ve börülceyi içine almaktadır. Diğer bitkilerle kıyaslandığında baklagiller, mineral, vitamin ve protein içeriği açısından yüksek, yağ açısından ise düşük içeriğe sahiptir. Dünyada insanlar beslenirken yaklaşık karbonhidratların % 7'sini, bitkisel proteinlerinin de % 22'sini yemelik baklagillerden sağlamaktadır. (Adak ark., 2010). Kurutulmuş tanelerinin yaklaşık, %5'i ham selüloz, %60'ı karbonhidrat, %23-34'ü protein, %1.7'si yağ ve %3.6'sı kül içermektedir. (Abacı ve Kaya, 2018). Günümüzde işlenebilme kabiliyetindeki tarımsal arazilerin alanını çoğaltmak çok kısıtlı olması nedeniyle, ürün artışının ancak birim alandaki verimi artırmakla mümkün olduğu göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bunun için de en etkili yöntemlerden birisi, ürünün yetiştirileceği bölgenin iklim şartlarına uygun verimi yüksek çeşitlerin tespit edilerek ekilmesidir. Kuru fasulyede de bu yöntemin kullanılması büyük önem taşımaktadır (Varankaya, 2011). Türkiye baklagillerin gen merkezi olduğu gibi iklimsel şartları da üretimine oldukça uygundur. Dolayısıyla ülkemizin geleneksel tarım ürünlerinden birisi olan kuru fasulye tahıllardan sonra ikinci sıralarda yer almaktadır.

Fasulye yetiştirme sezonu süresince 300-400 mm suya ihtiyaç duymakla birlikte, besin maddesi ihtiyacı da fazladır. Tüm bitkilerde olduğu gibi kuru fasulyeni verimi de ekolojik şartlara, toprak yapısına, kültürel işlemlere ve çeşide bağlı olarak farklılık göstermektedir (Barros ve Prudencio, 2016; Sözen ve ark., 2017). Tarımsal üretimde amaç, en yüksek verimi elde edebilmek için, tüm girdileri optimum şekilde sağlamaktır. Buna rağmen üretim artışını sağlamak için yeni çeşitlerin geliştirilmesi gereklidir. Türkiyenin her bölgesinde farklı çeşitlere ve genotiplere rastlanması, bölgelere uygun çeşitlerin araştırılmasının lüzumunu ortaya koymaktadır. Son dönemlerde yapılan ıslah çalışmaları sonucunda ekolojik koşullara uygun erkenci ve yüksek verimli yeni çeşitler (Kantar-05 ve Elkoca-05) tescil ettirilmiştir (Elkoca ve Kantar, 2004 ve 2005). Ancak, tüketicinin taleplerine bakıldığında ve ülkenin ekolojik şartlarındaki değişiklikler gibi bazı sebeplerden dolayı devamlı yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekli olmaktadır.

MATERYAL VE METOD

Denemede materyal olarak Berrak, Cihan, Noyanbey, Yedisu-22, Göynük-98, Önceler-98, Akman-98, Yunus-90 ve Kırşehir-98 çeşitleri ekilerek verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi amaçlanmış ve materyal olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1. 2012 ve 2014 Yıllarında denemenin yürütüldüğü aylara ait bazı iklim verileri ve uzun yıllar ortalaması verileri

Table 1. Some climatic data and long-term average data for the months in which the experiment was conducted in 2012 and 2014

Aylar	Ort. sıcaklık (°C)		Ort. nispi nem (%)			Toplam yağış (mm)			
						Total precipitation (mm)			
	Yıllar	Uzun yıllar	Yıllar	Uzun yıllar	Yıllar	Uzun yıllar	Yıllar	Uzun yıllar	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2014
Mayıs	16.9	17.2	16.2	56.5	52.1	54.2	65.5	63.2	74.8
Haziran	24.7	22.3	22.3	33.1	36.9	42.7	11.0	25.9	21.0
Temmuz	27.6	27.4	26.8	27.4	27.7	36.2	0.2	4.0	6.1
Ağustos	27.2	27.7	26.4	26.8	24.5	35.6	0.6	0.9	4.4
Eylül	22.6	21.0	21.0	29.3	36.5	41.5	0.8	63.7	13.7
Ekim	16.3	13.9	14.0	52.3	62.4	58.0	62.1	87.3	70.2
Ort./Top.	22.5	21.5	21.1	37.5	40.0	44.7	140.2	245	190.2

Kaynak: Bingöl İli Meteoroloji Genel Müdürlüğü

İlk yılında kurulan deneme alanı ekimlerden önceki 3-4 yıl yonca tarlasından bozulan bir arazidir. Bu tarlanın toprak özellikleri killi tekstürlü, düzden hafif eğimliye kadar değişen bir topoğrafya özelliğindedir. Bu topraklar genellikle hafif alkali (pH7.8), kireç oranı yüksek (%8.66), organik maddesi düşük (%0.63), düşük fosforlu (14.9 kg ha⁻¹ P₂O₅), potasyumu yüksek (330 kg ha⁻¹ K₂O), demir yönünden çok yüksek (6.46 ppm), bakır (1.49 ppm), manganez (2.14 ppm) ve çinko (1.52 ppm) bakımından ise orta seviyededir (Anonim, 2012). İkinci yılında kurulan araştırmanın toprakları ise; taşlı ve tınlı olmakla birlikte, Toprak pH 6.37, tuz içeriği % 0.0315, organik madde % 1.905 ve % 0.36 kireç oranına sahiptir. Ayrıca da faydalanılabilir P₂O₅ miktarı 7.91 kg da⁻¹ ve K₂O 24.51 kg da⁻¹ seviyelerindedir (Anonim, 2014).

Deneme, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her parsel 4 m uzunluğunda ve 2 m genişliğinde 4 sıradan oluşturulmuş olup 8 m²'dir. Parsellere sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Ekimden önce dekara saf olarak 3 kg N, 6 kg P ve 1.5 kg K kompoze gübre formunda uygulanmıştır. Ekim elle yapılmıştır. Bitkiler çıkışlarını tamamladıktan 7 gün sonra sıra üzeri mesafelerini 10 cm'ye ayarlamak için elle tekleme yapılmıştır. Yetiştirme sezonları boyunca bir defa üst gübreleme yapılmıştır. Çiçeklenme vaktinde dekara 7 kg AN %33 gübre kullanılmış, yetiştirme sezonu süresince sulama, gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi işlemler en uygun zamanda yapılmıştır. Yabancı ot ile mücadele her iki yılda da elle yapılmıştır. Hasatta,

parsellerdeki kenarlarındaki dış sıralar kenar tesiri olarak bırakılmış, örnekler her parselin orta iki sırasından belirlenmiştir. Dekara verim değerleri, parseller üzerinden yapılmıştır.

İncelenen elde edilen veriler JMP istatistik programı ile analiz edilmiş, gruplandırmalar L.S.D %5 önem seviyesine göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 2 incelendiğinde, bitki boyu açısından her iki yılda da çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar meydana gelmiş ve farklı gruplar oluşmuştur. İlk yıl en yüksek bitki boyu Yunus90 (52.67 cm) ve Noyanbey (52.07 cm) çeşitlerinden elde edilirken ikinci yıl Berrak (79.50 cm), Kırşehir98 (77.80 cm) ve Akman98 (74.53 cm) çeşitlerinden elde edilmiştir. İkinci yılda elde edilen bitki boyları ilk yıl elde edilenlerle kıyaslandığında daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bunun nedeni ilk yıl ekim yapılan yerin, ikinci yıla oranla daha sıcak olan ova özelliğindeki bir lokasyonda ekilmesinin neden olduğu düşünülmektedir. Bulgularımız bazı araştırmacıların sonuçlarından yüksek (Elkoca ve Çınar, 2015; Sözen ve ark., 2022; İdikut ve Karabacak, 2021), bazı araştırmacıardan düşük (Konuk ve Uzun, 2021; Yolci, 2021), (Sirat, 2020) ile uyum içerisinde çıkmıştır.

Çizelge 2. Sekiz Kuru fasulye Çeşidinde Bitki Boyu, Bakla Sayısı, ve Baklada Tohum Sayısına Ait Ortalamalar ve Oluşan L.S.D. (0.05) Grupları

Table 2. Means and L.S.D. (0.05) Groups of Plant Height, Number of Pods, and Number of Seeds in Pods in Eight Dry Bean Varieties

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)		Bakla Sayısı (ad./bit.)		Baklada Tohum Sayısı (ad./Bak.)	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Akman98	42.10 c	74.53 a	33.77 a	21.63 b	4.43 c	4.07 b
Berrak	40.13 c	79.50 a	28.63 ab	13.27 d	5.67 b	4.53 a
Cihan	51.37 ab	53.93 bc	23.10 bc	17.90 c	3.57 de	3.23 d
Göynük98	44.23 c	50.70 c	21.00 c	17.13 c	4.43 c	3.87 bc
Kırşehir98	43.20 c	77.80 a	33.07 a	21.60 b	6.50 a	4.67 a
Noyanbey	52.07 a	56.83 b	23.10 bc	24.37 a	4.03 cd	3.67 c
Yedisu22	45.57 bc	50.17 c	24.87 bc	18.97 c	4.30 cd	3.07 d
Yunus90	52.67 a	56.60 b	24.97 bc	17.83 c	3.17 e	2.57 e
Ortalama	46,42	62,51	26,56	19,09	4,51	3,71
L.S.D. (0.05)	6.19	5.61	6.64	2.15	0.82	0.32

Bakla sayısı açısından baktığımızda ise her iki yılda da çeşitler arasında farklı gruplar oluştuğu görülmekte olup, istatistiki açıdan önemli farklılıklar oluştuğu belirlenmiştir. İlk yıl Akman98 (33.77 ad./bit.) ve Kırşehir98 (33.07 ad./bit.) çeşitlerinden elde edilirken, ikinci yıl 24.37 ad./bit. ile Noyanbey çeşidinden elde edilmiştir. Bakla sayısı bakımından ilk yıl değerleri ikinci yıl değerlerinden daha yüksek

bulunmuştur. Bunun sebebinin ilk yıl ekilen alanın yonca tarlasından bozma olması nedeni ile daha güçlü ve verimli toprağa sahip olması nedeni ile bitkilerin stres ortamı yaşamadan ihtiyaç duyduğu mikro ve makro besin elementlerini rahatlıkla alarak daha fazla bakla sayısı oluşturduğu değerlendirilmektedir. Bulgularımız bazı araştırmacıların sonuçlarından yüksek (Elkoca ve Çınar, 2015; Sözen ve ark., 2022; Sirat, 2020), bazı araştırmacılarınkinden düşük (İdikut ve Karabacak, 2021), bazı araştırmacılar (Konuk ve Uzun, 2021; Yolci, 2021) ile ise uyum içerisinde çıkmıştır.

Çizelge 2'den Baklada tohum sayısı parametresi incelendiğinde görülmektedir ki, her iki yılda da çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve farklı gruplandırmalar ortaya çıkmıştır. İlk yıl değerlerine dikkat edecek olursak en yüksek baklada tohum sayısı 6.50 ad./bak. ile Kırşehir98 çeşidinden elde edilirken, en düşük değer 3.17 ad./bak. ile Yunus90 çeşidinden elde edilmiştir. İkinci yıl ekimlerinde ise Kırşehir98 ve berrak çeşitleri 4.67 – 4.53 ad./bak. ile sırasıyla en yüksek değere sahip olurken, en düşük değer yine yunus90 (2.57 ad./bak.) çeşidinden elde edilmiştir. İki yılı kıyasladığımızda ise Bakla sayısı parametresindeki görüntü ilk yıldaki yüksek değerler ile burada da karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla aynı değerlendirme burada da söz konusu olmaktadır. Bulgularımız bazı araştırmacıların sonuçlarından yüksek (Yolci, 2021), bazıları ile uyum (Elkoca ve Çınar, 2015; Sözen ve ark., 2022; Sirat, 2020) içerisinde çıkmıştır.

Çizelge 3. Sekiz Kuru fasulye Çeşidinde Bakla Uzunluğu, 100 Tane Ağırlığı ve Dekara Verime Ait Ortalamalar ve Oluşan L.S.D. (0.05) Grupları

Table 3. Means and L.S.D. (0.05) Groups of Pod Length, 100 Grain Weight and Yield per Decare in Eight Dry Bean Varieties

Çeşitler	Bakla Uzunluğu (cm)		100 Tane ağırlığı (g)		Dekara Verim (kg/da)	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Akman98	9.17 c	7.88 d	28.84 b	25.10 d	174.61 bcd	158.28 ab
Berrak	11.20 a	8.72 c	28.44 b	26.48 d	215.03 b	99.99 d
Cihan	10.13 bc	8.38 cd	35.95 a	33.27 c	185.66 bcd	123.35 cd
Göynük98	10.23 ab	8.92 bc	32.16 ab	37.86 b	160.28 cd	171.67 a
Kırşehir98	10.50 ab	8.99 bc	16.21 c	16.55 e	262.20 a	150.40 abc
Noyanbey	9.67 bc	8.54 cd	33.08 ab	33.54 c	167.87 cd	160.60 ab
Yedisu22	11.20 a	9.62 b	32.21 ab	37.56 b	197.34 bc	148.38 abc
Yunus90	9.77 bc	10.88 a	29.75 b	41.43 a	150.52 d	133.85 bc
Ortalama	10,23	8,99	29,58	31,47	189,19	143,32
L.S.D. (0.05)	0.99	0.82	5.85	2.19	46.18	27.84

Bakla uzunluğu açısından bulgularımızı inceleyecek olursak, çizelge 3'te görüleceği gibi her iki yılda da çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve farklı gruplandırmalar ortaya çıkmıştır. İlk yıl en yüksek değer 11.20 cm ile Berrak ve yedisu22 genotiplerinden elde edilirken, en düşük değer 9.17 cm ile Akman98 çeşidinden elde edilmiştir. İkinci yıl değerleri incelendiğinde ise en

yüksek Bakla uzunluğu 10.98 cm ile yunus90 çeşidinden elde edilirken, en düşük bakla uzunluğu 7.88 cm ile yine Akman98 çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar birbiriyle kıyaslandığında ise, ilk yıl değerlerini ikinci yıl değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin Bingöl ilinin coğrafik yapısının çok değişken olması (ilk yıl daha düşük rakımda ve ova denebilecek bir arazide deneme kurulmuşken, ikinci yılında daha yüksek ve açık hava hareketlerine açık bir arazide çalışılmıştır) ve bu değişkenliğe göre ikliminin farklı yıllarda farklı şekillerde etki etmesi gösterilebilir. Bulgularımız sonuçları (Sirat, 2020) ile uyum içerisinde çıkmıştır.

100 tane ağırlığı parametresini inceleyecek olursak, çizelge 3'te görüleceği gibi ilk yıl elde edilen verilere göre en yüksek değer 35.95 g ile Cihan çeşidinden elde edilirken, en düşük değer 16.21 g ile Kırşehir98 çeşidinden elde edilmiştir. İkinci yıl verilerine göre ise en yüksek değer 41.43 g ile yunus90 çeşidinden elde edilirken, en düşük değer 16.55 g ile yine Kırşehir98 çeşidinden elde edilmiştir. İki yılın sonuçlarını karşılaştırdığımızda genel olarak ilk yıl değerleri ikinci yıl değerlerinden yüksek görülmektedir. Bu durumun toprak özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bulgularımız bazı araştırmacıların sonuçlarından düşük (Elkoca ve Çınar, 2015; Sözen ve ark., 2022; Sirat, 2020; Yolci, 2021) çıkmıştır.

Dekara verim değerleri bakımından elde edilen bulgular incelendiğinde ise, ilk yıl en yüksek verimin dekara 262.20 kg ile Kırşehir98 çeşidinden, en düşük verimin ise 150.52 kg ile Yunus90 çeşidinden elde edildiği görülmektedir. İkinci yıl verimlerinde ise en yüksek verimin 171.67 kg ile Göynük98 çeşidinden elde edildiği, en düşük verimin ise 99.99 kg ile Berrak çeşidinden elde edildiği belirlenmiştir. İkinci yıl verimlerinin birinci yıla kıyasla düşük çıkmasının nedeni; ilk yıl deneme kurulan arazinin önceden yonca ekili olmasından, ayrıca ikinci yıl denemenin kurulduğu arazi ise eğimli ve taşlık bir arazi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bulgularımız bazı araştırmacıların sonuçlarından düşük (Elkoca ve Çınar, 2015; Sözen ve ark., 2022; Sirat, 2020; Yolci, 2021; İdikut ve Karabacak, 2021; Konuk ve Uzun, 2021) çıkmıştır.

Tüm parametreleri nazara alarak, çeşitler arası istatistiki olarak önemli görülen farklılıkların, çeşitlerin genetik yapısından dolayı farklı ekolojik şartlarda farklı tepkiler vermesinden kaynaklandığı söylenebilir (Barros ve Prudencio, 2016; Sözen ve ark., 2017).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, Bingöl ilinde iki lokasyon denecek kadar farklı toprak özelliklerinde ve rakımlarda yedi farklı kuru fasulye çeşidi ve bir kuru fasulye genotipi ile yürütülen bu çalışmada, bölgede kuru fasulyenin yetişebileceği, bölgenin coğrafik yapısına bağlı olarak dekara verim miktarlarının çok farklı çıkabileceği, dolayısıyla daha sağlıklı neticelerin elde edilebilmesi için bu tür çalışmaların bölgenin farklı ilçe ve köylerinde yapılmasına devam edilmesi gerektiği sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

- Abacı E, Kaya M., 2018. Farklı Termal Suların Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)’de Çimlenme ve Bazı Fide Gelişim Özelliklerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2) :1-6.
- Adak, M.S., Güler, M. Kayan, N., 2010. Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırma Olanakları, VII. Teknik Kongre, ZMO Yayınları, Ankara.
- Anonim, 2012. Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Toprak Analiz Laboratuvarı.
- Anonim, 2014. Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Toprak Analiz Laboratuvarı.
- Barros, M., & Prudencio, S.H., 2016. Physical and Chemical Characteristics of Common Bean. *Semina: Ciências Agrárias*, 37 (2), 751-762.
- Çevik, M. (2021). Kuru fasulyede rekor üretim. *Türk Tarım Ve Orman Dergisi*, Eylül-Ekim 2021, 34-38.
- Çiftçi, C.Y., Adak, M.S., 2011. Yemelik Tane Baklagiller. *Tarla Bitkileri*, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ankara, 257-303.
- Elkoca, E., Çınar, T., 2015. Bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşit ve hatlarının Erzurum ekolojik koşullarına adaptasyonu, tarımsal ve kalite özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30, 141-153
- Elkoca, E., Kantar, F. 2004. Erzurum ekolojik koşullarına uygun erkenci ve yüksek verimli kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4): 137-142.
- Elkoca, E., Kantar, F. 2005. Erkenci ve yüksek verimli iki yeni fasulye çeşidi: Kantar-05 ve Elkoca-05. *Türkiye 2. Tohumculuk Kongresi*, 226-229, 9-11 Kasım, Adana.
- Fageria, N.K., Melo, L.C., Ferreira, E.P.B., Oliveira, J.P., & Knupp, A.M., 2014. Dry matter, grain yield, and yield components of dry bean as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 111-125.
- İdikut L, Karabacak T 2021. Elazığ Koşullarına Uygun Kuru Fasulye Çeşitlerinin Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 24 (2): 299-305.
- JMP 5.0.1. 1989. A Business Unit Of SAS Copyright, 1989 – 2002 SAS Institute Inc., <http://www.jmp.com>
- Konuk, A., Uzun, T., 2021. Kuru Fasulye Genotiplerinde Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (2): 161-168.
- Sirat, A., 2020. Yerel Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Tane Verimi, Verim Unsurları ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2):245-254.
- Sözen, Ö., Karadavut, U., & Akçura, M., 2017. Determination of the some yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in different environments. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 3(5), 3755-3769.
- Sözen, Ö., Tolga Karaköy, T., Öcal, M., 2022. Aksaray Ekolojik Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Genotiplerinin Morfo-Agronomik Özelliklerini Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9(4): 1014–1022.
- Şehirali, S., Özgen, M., 1987. Bitkisel Gen Kaynakları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. 1020, Ankara.
- Varankaya, S. 2011. Yozgat ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, 44 s.
- Yolci, M., 2020. Erciş (Van) Ekolojik Koşullarında Bazı Fasulye (*Phaseolus Vulgaris*L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 562-567.

Polyphenol Oxidase Enzyme Activity of Mulberries Grown in Iğdır Ecological Conditions

Sadiye Peral EYDURAN^{1*} Zeynebi Kubra AZITI² 

¹ Muğla Sıtkı Koçman University,
Fethiye Faculty of Agriculture,
Department of Horticulture, Fethiye/
Muğla, Türkiye.

² Iğdır University Institute of Science
and Technology, Iğdır, Türkiye.

Sorumlu Yazar

¹ Muğla Sıtkı Koçman University,
Fethiye Faculty of Agriculture,
Department of Horticulture, Fethiye/
Muğla, Türkiye Email:
peralatilla@gmail.com.tr

* This study is based on Zeynebi Kübra
AZITI's Master's thesis.

Abstract

The presence of polyphenol oxidase enzyme (PFO) in black and white mulberry varieties grown in Iğdır province were determined. In the study, no polyphenol oxidase enzyme was detected in the white mulberry variety, therefore the study was conducted only with black mulberry varieties. The mulberry samples were collected from Iğdır Center, Melekli and Karakoyunlu districts during June and July, both in 2015 and 2016, when the fruits were fully ripe. Mulberries were stored at -20 °C, and the crude enzyme extract was stabilized with pH 5.0 sodium-acetate buffer containing 1% Polyethylene glycol (PEG). To weigh with a precision scale, 20 grams of frozen mulberries were taken into mortars. After the mulberries were thoroughly crushed in these mortars, 40 ml of crude enzyme extract preparation solution was added to each variety and mixed homogeneously. These mixtures were filtered through a cheesecloth and rotated at 4 °C, 10,000 rpm for 30 minutes. The obtained supernatants were used for enzyme solubilization, and the enzyme activity of the solution was determined spectrophotometrically. The PFO content depended on the genotype. There was a significant difference among the tested mulberry genotypes.

Keywords: Black mulberry (*Morus nigra*), Polyphenol oxidase enzyme, Iğdır

INTRODUCTION

Mulberry is a type of fruit that can grow in temperate, tropical and subtropical climate zones due to its high adaptability to different climate and soil conditions. Mulberry (*Morus* spp) belongs to the *Morus* genus of the *Moraceae* family of the *Urticales* order. The number of species included in the *Morus* genus is estimated by Freeman (1978) as 12, Huo (2002) as 14, Koidzumi (1917) as 24 and 1 subspecies (Machii *et al.*, 2001), Martin *et al.* (2002) report it as more than 30, and Datta (2002) reports it as 68. *Mulberry* is especially common in East, West and Southeast Asia, Southern Europe, southern North America, northwest of South America and some parts of Africa (Datta, 2002). *Mulberry* species whose fruits are used and widely cultivated are *Morus alba*, *Morus nigra*, and *Morus rubra*. *Morus alba* is native to China, Japan, Thailand, Malaysia and Burma, *Morus nigra* is from Türkiye, Iran, Arabia, parts of Russia in South Asia and Syria, and *Morus rubra* is from North America (Bellini *et al.*, 2000). However, the natural distribution areas of mulberry have been greatly changed by human interventions (Zheng *et al.*, 1988). As with many fruit species, Anatolia is the homeland of mulberry and one of the oldest cultural areas (Özbek, 1977). In our country, 50,000 tons of product are obtained from mulberry trees that produce 2,130,000 fruits (MEB, 2013).

Mulberry is considered to symbolize wisdom and patience, as cultivated fruit species never begin to develop their buds in cold weather conditions (Grieve, 2002). Mulberry is a type of fruit that can be grown even in our regions where the continental climate prevails. Our country looks like a collection garden with mulberry trees grown in all regions. Mulberry is produced in almost every province in our

country, but only 7 provinces do not produce enough mulberry to be included in the statistics (Erdoğan and Pırlak, 2005). While Erzurum province ranks first in mulberry production in our country with a production of 5,921 tons and an average yield per tree of 102 kg, this is followed by Erzincan province with a production of 5,134 tons and an average yield per tree of 40 kg, with a production of 3,941 tons and an average yield per tree of 28 kg. and Malatya province (TUIK, 2014). Although our country, whose fruit-growing culture dates back to ancient times, is one of the homelands and natural distribution areas of mulberry, this genetic potential cannot be adequately evaluated. Many genotypes, which have very superior characteristics in terms of fruit quality, have been cut down and destroyed just to benefit from their timber. Although it has a wide distribution in the world, mulberry fruit is not yet recognized in many countries. It will be possible to bring mulberry fruit into the economy with the development of its consumption range and preservation techniques (Erdoğan and Pırlak, 2005).

Although mulberry is grown in Iğdır province, where the study was conducted, it does not constitute an economic value and mulberry does not get the value it deserves. Enzymes are organic catalysts synthesized intracellularly by living cells under genetic control. The term catalysis is used in Greek to mean effective in chemical reactions, accelerating and facilitating the reaction. Substances that act as catalysts in biological events are called enzymes. In general, enzymes catalyze certain reactions between certain substances. Nutrient elements are used in the body with the help of enzymes and are transformed into body structure as a result of reactions. All vital events require enzymes. Enzymes are synthesized from nucleic acids under the control of DNA (deoxyribonucleic acid). A small change in the DNA structure causes some enzymes to not be synthesized or to be synthesized incorrectly. The defectively synthesized enzyme cannot show activity and causes various problems in body functioning. Without enzymes, the body cannot maintain its vitality. Enzymes play a role in the formation of many physical and chemical events such as digestion, respiration, growth, muscle contraction and photosynthesis.

MATERIAL AND METHOD

Material

Since the study examined the polyphenol oxidase enzyme activity in black mulberries, polyphenol oxidase was referred to when the enzyme was mentioned in the article. To determine the enzyme activities of mulberry varieties, mulberries were marked in the gardens of Iğdır Center (M1, M2, M3) and the villages of Melekli (ME1, ME2, ME3), Karakoyunlu (K1, K2, K3) and samples were taken from each of them in June and July collected. Starting from 2015-2016, samples were brought to the laboratory of Iğdır University Faculty of Agriculture and left in the refrigerator to examine the enzyme activities of mulberry. After the frozen mulberries were taken out of the refrigerator, they were weighed to 20 g using a precision scale and left in the refrigerator (Figure 1).



Figure 1. Examples used in the research

After freezing, the mulberries were thoroughly pounded, and acetate buffer (500 ml) was prepared to determine the enzyme activities of the pounded mulberries. After these processes were completed, the crude extract was prepared, and the mixing process was carried out after pouring the prepared crude extract into the acetate buffer (Figure 2).



Figure 2. Samples prepared for analysis

After this stage, the mixture we had was filtered into a closed plastic bottle with the help of cheesecloth. The filtered mixture was weighed on a precision scale and placed in the centrifuge with the same weights. The mixture was removed after being kept in the centrifuge for 30 minutes at + 4 °C. To check the enzyme activity, the cuvettes to be used in the research were passed through pure water and separated into blank samples and main samples, and the color change on the spectrophotometer was examined one by one, and the enzyme activity was checked. The centrifuge used in the research can be seen in Figure 3.



Figure 3. Centrifuge used in the research

Method

Acetate Buffer Preparation pH=5: In the study, 3,402 g of sodium acetate was used for 500 ml of acetate buffer. 3.402 g of sodium acetate was left in the beaker, 450 ml of pure water was added, and the sodium acetate was dissolved in pure water with the help of a magnetic stirrer. Then, the pH was adjusted to 5 by slowly pouring the acetic acid into the acetate buffer.

Crude Extract Preparation: After the mulberries were weighed as 20 g on a precision scale, 40 ml of acetate buffer, twice the weight of the mulberries, was prepared in a ratio of 1:2. After 100 ml of 0.4 g of PEG (polyethylene glycol) was deposited onto the prepared acetate buffer, the PEG was dissolved with the help of a magnetic stirrer.

Substrate Freedom: To prepare the substrate used in the curry and sample to measure the enzyme activity, the substrate was weighed as 0.11 g on a precision scale, dissolved in some pure water, and then 10 ml of pure water was added.

Statistical Analysis: Descriptive statistics of the data obtained in terms of polyphenol oxidase enzyme activity are expressed as mean and standard error. In terms of the enzyme activity in question, the main effects of variety (K1, K2, K3, M1, M2, M3, ME1, ME2, ME3), year (2015 and 2016), month (June and July) and variety x year, variety x month, To test the hypotheses regarding the interaction effects of year x month and variety x year x season, analysis of variance technique was used in factorial trial design in random parcels. Tukey's multiple comparison test for variety was used to determine significant differences.

To develop a prediction equation in terms of polyphenol oxidase enzyme activity, a prediction model was developed with the MARS data mining algorithm using variety, year and month variables (Demirel et al., 2023a; Türkoğlu et al., 2023a; Türkoğlu et al., 2023b). Additionally, the CART data mining algorithm was used to obtain a regression tree based on the existing data set (Kovalchuk et al., 2017). Statistical analysis of the data was performed with R software (Demirel et al., 2023b; Eren et al., 2023).

RESULTS and DISCUSSION

In terms of enzyme activity, the main effects of variety (K1, K2, K3, M1, M2, M3, ME1, ME2, ME3), year (2015 and 2016), month (June and July) and variety x year, variety x month, year x Month and variety x year x month interaction effects were found to be statistically significant. Approximately 100% of the total variation in enzyme activity was explained by these effects included in the model. Looking at the introductory statistics regarding the main effects, it was observed that Melekli mulberries (ME1=ME2> ME3) had more enzyme activity. On the other hand, the lowest enzyme activity was obtained from K1 accession. It was determined that enzyme activity was higher in 2015 and June compared to 2016 and July (Table 1).

Table 1. Introductory statistics for main effects

Kind	Enzyme activities (Unit)
K1	293.3 ± 61.3h
K2	314.1 ± 60.1g
K3	338.9 ± 65.4d
M1	283.3 ± 56.0i
M2	323.8 ± 64.7f
M3	337.9 ± 60.1e
ME1	554.9 ± 19.7a
ME2	551.8 ± 35.1b
ME3	465.8 ± 16.4c
Year	
2015	475.8 ± 18.5a
2016	293.9 ± 29.6b
Month	
June	477.4 ± 24.1a
July	292.2 ± 24.9b
General	384.8 ± 19.4

When we look at the enzyme activity averages of varieties according to years; It was observed that the enzyme activity in 2015 was more than in 2016, Karakoyunlu 3 and Melekli 3 accessions were more than the others in 2015, and Melekli 2 had more enzyme activity in 2016 (Table 2).

When looking at the average enzyme activity of varieties by month; While it was found most in Melekli 2 in June, it was least found in Karakoyunlu 3. In July, the highest enzyme activity was detected in the Melekli 1 accession, while it was found to be the least in Center 1 (Table 3).

Table 2. Enzyme activity averages of varieties according to years (Unit)

Kind	2015	2016
K1	438 ± 88.0h	148.3 ± 19.7h
K2	470.9 ± 75.9f	157.2 ± 16.5f
K3	536.6 ± 55.6a	141.1 ± 9.64i
M1	390.0 ± 69.3i	176.4 ± 66.5 e
M3	499.0 ± 55.8 c	148.4 ± 54.9g
M3	481.5 ± 51.7e	194.3 ± 70.5d
ME1	497.1 ± 19.4d	612.4 ± 2.10b
ME2	462.9 ± 38.8g	640.6 ± 27.2a
ME3	505.7 ± 23.5 b	426.2 ± 0.64c

Table 3. Enzyme activity averages of varieties according to months (Unit)

Kind	June	July
K1	413.8 ± 99.0h	172.9 ± 30.7h
K2	417.4 ± 99.0g	210.8 ± 40.4e
K3	412.0 ± 111.0i	265.9 ± 65.5d
M1	435.1 ± 49.2f	131.4 ± 46.4i
M2	447.5 ± 78.9e	200.0 ± 77.9g
M3	474.6 ± 54.8d	201.2 ± 73.6f
ME1	578.8 ± 17.1b	530.7 ± 34.4a
ME2	625.6 ± 34.0a	478.0 ± 45.5b
ME3	492.7 ± 29.4c	439.2 ± 6.22c

When we look at the enzyme activity averages of varieties according to years; It was determined that the month of June 2015 was the highest and the month of July 2016 was the least (Table 4).

Table 4. Enzyme activity averages for months according to years (Unit)

Year	June	July
2015	594.6 ± 8.71a	357.0 ± 15.2a
2016	360.3 ± 35.3b	227.4 ± 44.5b

Enzyme activity averages of varieties according to years and months are given in Table 5. According to the results; In 2015, the highest enzyme activity value among the June averages was observed in Karakoyunlu 3, and the highest enzyme activity value among the July averages was observed in Melekli 1. In 2016, the highest enzyme activity was observed in Melekli 2 in June, while it was detected in Melekli 1 in July.

Table 5. Samples prepared for analysis

Kind	2015		2016	
	June	July	June	July
K1	635.2 ± 0.115c	241.5 ± 0.115h	192.3 ± 0.115h	104.2 ± 0.115g
K2	640.7 ± 0.058b	301.1 ± 0.058g	194.0 ± 1.150g	120.4 ± 0.058e
K3	660.9 ± 0.058a	412.3 ± 0.058c	162.6 ± 0.058ı	119.5 ± 0.115f
M1	545.2 ± 0.115h	235.1 ± 0.115ı	325.0 ± 0.580e	27.70 ± 0.115h
M2	623.8 ± 0.058d	374.2 ± 0.115e	271.0 ± 0.580f	25.70 ± 0.058ı
M3	597.2 ± 0.115e	365.8 ± 0.0058f	352.0 ± 0.580d	365.0 ± 0.115d
ME1	540.5 ± 0.058ı	453.7 ± 0.115a	617.1 ± 0.058b	607.7 ± 0.058a
ME2	549.6 ± 0.115g	376.2 ± 0.058d	701.5 ± 0.115a	579.7 ± 0.115b
ME3	558.3 ± 0.058f	453.1 ± 0.058b	427.0 ± 1.150c	425.3 ± 0.058c

MARS data mining algorithm was used to determine the factors affecting enzyme activity, and the results are summarized in Table 6. The coefficients of the prediction equation obtained with the algorithm in question are given below. The correlation coefficient ($r=0.99$) between the predicted values calculated with the prediction equation for enzyme activity and the actual value was found to be statistically significant ($t=126$, $df=106$, $P<2.2e-16$, 95% confidence interval; 0.9951523-0.9977415). Almost all of the total variation in enzyme activity was explained by the elements included in the model.

Enzyme activity for the K1 genotype was estimated at 267 units in July 2015. Enzyme activity was estimated at 93 units for the K1 genotype in July 2016. For the K1 genotype, the enzyme activity was estimated to be at 572 units in June 2015, while the enzyme activity was estimated to be at 180.2 units in June 2016. Enzyme activity for the K3 genotype was estimated at 409.31 units in July 2015. Enzyme activity was estimated at 122.5 units for the K3 genotype in July 2016. For the K3 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be at 664 units, and the activity in June 2016 was estimated to be at 160 units.

Enzyme activity for the M2 genotype was estimated at 350.2 units in July 2015. Enzyme activity was estimated at 26 units for the M2 genotype in July 2016. For the M2 genotype, the enzyme activity in June 2015 was found to be at 655.2 units, and the activity in June 2016 was 264 units. Enzyme activity for the M3 genotype was estimated at 366 units in July 2015. Enzyme activity was estimated at 37 units for the M3 genotype in July 2016. For the M3 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be 597.2 units, and the activity in June 2016 was estimated to be 352 units.

Enzyme activity for the ME1 genotype was estimated as 453.7 units in July 2015. Enzyme activity for the ME1 genotype was estimated as 607.7 units in July 2016. For the ME1 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be 540.5 units, and the activity in June 2016 was estimated to be at 617.1 units. Enzyme activity for the ME2 genotype was estimated at 578 units in July 2015. Enzyme activity for the ME2 genotype was estimated as 579.7 units in July 2016. For the ME2 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be 701.5 units, and the activity in June 2016 was estimated to be at 376.2 units. Enzyme activity for the ME3 genotype was estimated at 453.1 units in July 2015. Enzyme activity for the ME3 genotype was estimated at 425.3 units in July 2016. For the ME3 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be at 571.2 units, and the activity in June 2016 was estimated to be at 427 units. The enzyme activity of the ME3 genotype varies depending on the month and year factor.

Enzyme activity for the K2 genotype was estimated at 303 units in July 2015. Enzyme activity for

the K2 genotype was estimated at 129 units in July 2016. For the K2 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be 608 units, and the activity in June 2016 was estimated to be 216.43 units.

Enzyme activity for the M1 genotype was estimated at 235.1 units in July 2015. Enzyme activity was estimated at 27.7 units for the M1 genotype in July 2016. For the M1 genotype, the enzyme activity in June 2015 was estimated to be 572 units, and the activity in June 2016 was estimated to be 325 units. When the prediction equation created by MARS data mining is examined, it is noted that the effect of the variety factor on enzyme activity depends on the year and month factors.

Table 6. Basic functions and coefficients of the MARS model

Basic function	Coefficients
(Fixed)	572
Kind K2	36
Kind K3	92
Kind M2	83
Kind M3	26
Kind ME1	-31
The Year 2016	-391
Month July	-305
Kind K3 * Year 2016	-113
Kind K3 * Month July	50
Kind M1 * Year 2016	145
Kind M1 * Month July	-32
Kind M3 * Year 2016	146
Kind M3 * Month July	74
Kind ME1 * Year 2016	468
Kind ME1 * Month July	218
Kind ME2 * Year 2016	521
Kind ME2 * Month July	110
Kind ME3 * Year 2016	247
Kind ME3 * Month July	186
Year 2016 * Month July	217
Kind M1 * Year 2016 * Month July	-178
Kind M2 * Year 2016 * Month July	-150
Kind M3 * Year 2016 * Month July	-302
Kind ME1 * Year 2016 * Month July	-140
Kind ME2 * Year 2016 * Month July	-144
Kind ME3 * Year 2016 * Month July	-101

GCV 267 GR2 0.99 R² 0.99 CVR² 0.98

The CART algorithm was used to determine independent variables affecting enzyme activity. The regression tree diagram created with this algorithm is given in Figure 4. The correlation coefficient

(0.944) between the enzyme values predicted by the CART algorithm and the measured enzyme values was found to be significant ($t=29.323$, $df=106$, $P<2.2e-16$, 95% confidence interval; 0.9182926-0.9611332). However, according to the regression analysis results obtained from the CART algorithm, 89% of the total variation in the enzyme in question was explained by the independent variables (variety, year and month) included in the model. The node at the top of the regression tree is called the root node and gave the grand average of enzyme activity (385 units). The child node on the left, located at the first depth of the regression tree, consists of the K1, K2, K3, M1, M2 and M3 genotypes, and the enzyme activity for this node was determined as 315 units. Likewise, the right child node at the first depth of the tree created with the CART algorithm consists of ME1, ME2 and ME3 genotypes, and the average enzyme activity of this node was determined as 524 units. Thus, two genotype groups were obtained in terms of enzyme activity. However, this child node is divided into two new child nodes according to the months (July and June). However, the average enzyme activity of the group consisting of ME1, ME2 and ME3 genotypes in Melekli in June (566 units) was found to be higher than the average enzyme activity in July (483 units). The enzyme activity of the genotypes in Melekli varied by month, but not by year.

On the other hand, the enzyme activity of K1, K2, K3, M1, M2 and M3 genotypes varied according to months and years. The average enzyme activity of the group consisting of K1, K2, K3, M1, M2 and M3 genotypes in 2015 (469 units) was found to be higher than the average enzyme activity in 2016 (161 units). However, the average enzyme activity of the group consisting of K1, K2, K3, M1, M2 and M3 genotypes in July 2016 (72 units) was found to be lower than the average enzyme activity in June of the same year (249 units). The effect of the year factor affecting the enzyme activity of these six genotype groups varied depending on the month factor.

However, the average enzyme activity of the group consisting of K1, K2, K3, M1, M2 and M3 genotypes in July 2015 (322 units) was found to be lower than the average enzyme activity in June of the same year (617 units).

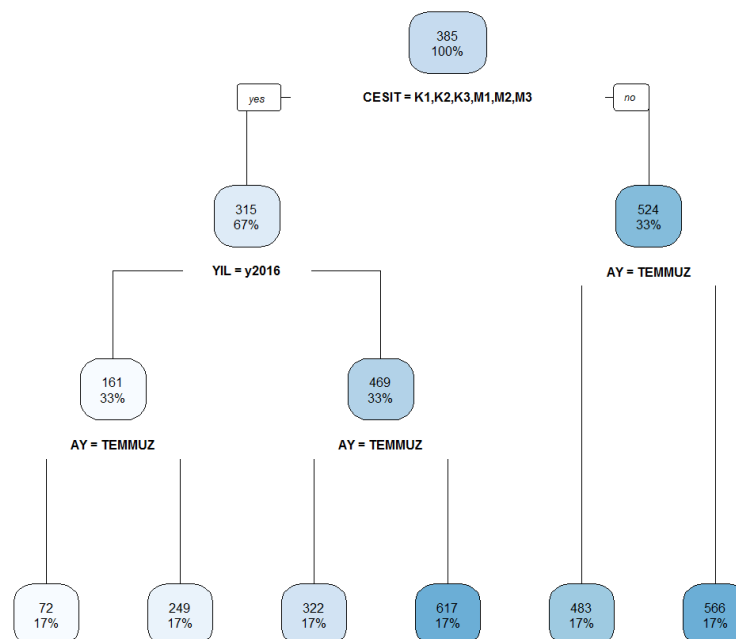


Figure 4. Regression tree created with CART Algorithm

In the study, if the enzyme activity for June 2015 is listed from most to least, the K3 variety is 661 units, the K2 variety is at 641 units, the K1 variety is at 635 units, the M2 variety is at 624 units, the M3

variety is at 597 units, the ME3 variety is at 558 units, the ME2 variety is at 549.7 units, and the M1 variety is at 549.7 units. Type was determined at 545 units, the ME1 was determined as 540.7 units. For July 2015, enzyme activity from most to least: the ME1 variety at 454 units, the ME3 variety at 453 units, the K3 variety at 412 units, the ME2 variety at 376 units, the M2 variety at 374 units, the M3 variety at 366 units, the K2 variety at 301 units, the K1 variety at 241.7 units, the M1 variant is designated at 235 units.

In the study, if the enzyme activity for June 2016 is listed from most to least, the ME2 variety is 701.7 units, the ME1 variety is 617.0 units, the ME3 variety is 427 units, the M3 variety is 352 units, the M1 variety is 325 units, the M2 variety is 271 units, the K2 variety is 194 units, the K1 variety is 194 units. Variety was found to be 192.3 units, and type the K3 was found to be 163 units. Suppose the enzyme activity If the enzyme activity for July 2016 is listed from most to least. In that case the ME1 variety is 608 units, the ME2 variety is 580 units, the ME3 variety is 425 units, the M3 variety is 367 units, the K2 variety is 120.3 units, the K3 variety is 120 units, the K1 variety is 104 units, and the M1 variety is 104 units. 28 units, the M2 type was found to be 26 units.

In this study, the enzyme activity of mulberries grown in Iğdır ecological conditions was determined. Polyphenol oxidase enzyme activity was detected in K1, K2, K3, M1, M2, M3, ME1, ME2 and ME3 mulberry varieties in June and July of 2015 and 2016. Although there are few studies on mulberry enzyme activity in Türkiye and in the world, our study sheds light on future studies.

Although there are few studies on mulberry enzyme activity in Türkiye and in the world, (Ünal, 2007) purified the polyphenol oxidase enzyme from Anamur banana grown in Türkiye in 2007 and studied the characteristic properties of the enzyme. He found the optimum temperature of Banana PFO to be 30 °C and the optimum pH to be 7.0. In 2003, (Beşel 2003) researched the polyphenoloxidase (PFO) enzyme obtained from Mushroom (*Agaricus bisporus*). It was observed that when 8% TX-114 was used, almost 5-fold purification was achieved, and when polyvinylpyrrolidone (PVPP) was used at pH 7.0, it was observed that the purification increased 10-fold and 72% enzyme was recovered. However, when studied at pH 6.0, it was observed that the purification increased to 15.5 times and the recovery approached 100%. In our research, no purification was performed, and there is no similarity in this respect. In another study, the biochemical properties of the PFO enzyme extracted from Victoria grapes grown in South Africa were investigated by (Repeanu et al., 2006). They found the optimum pH for enzyme activity to be 5 and the optimum temperature to be 25 °C with 10 mM catechol substrate in McIlvaine buffer. In many studies, the temperature value for the best activity of the enzyme is estimated to be between 25 °C - 30 °C. In our study, the best enzyme activity was observed in June between 2015 and 2016, and the average temperatures of June were observed to be 24.9 °C and 22.6 °C, respectively. (Mahanta et al., 1993), investigated the formation of brown compounds in fermented (black) tea in the specific activities of two basic enzymes, PFO and peroxidase (POD). PFO and POD activities were determined by spectrophotometric method, and the maximum activities of PFO and POD were observed to be during the rolling process during tea processing. It was observed that the reason for the decrease and subsequent increase in enzyme activity was due to mechanical damage affecting oxidative fermentation (enzymatic browning) in fermented black tea. In our study, PFO enzyme activity of black mulberry was measured by spectrophotometric method.

It is estimated that the increase and decrease in enzyme activity over years and months is due to ecological conditions. In our research and when the studies are analyzed, the temperature and the type of fruit affect the minimum and maximum values of the polyphenol oxidase enzyme. It was estimated that the polyphenol oxidase enzyme was desired in dark-colored fruits, but not in light-colored fruits. In our study, polyphenol oxidase enzyme activity in black mulberry varies according to years and months.

Determining the ecological conditions and detecting changes in enzyme activity over the years is important for those who grow black mulberry in Iğdir province. We believe that our study will shed light on future studies in terms of comparison and determination of polyphenol enzyme activity in black mulberry.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere love and gratitude to my valuable teacher, Prof. Dr. Ecevit EYDURAN, who did not spare me any help during the writing and statistical analysis of my thesis. Thank you very much for the light you shed on our path.

REFERENCES

- Bellini, E., Giordani, E., Roger, J.P. (2000). The mulberry for fruit. *Informatore Agrario*, 56(7), 89-93.
- Beşel, E., (2003). Use of Triton X-114 Aqueous Two Phase System for Recovery of Mushroom (*Agaricus Bisporus*) Polyphenoloxidase. Yüksek Lisans Tezi. ODTÜ, Ankara.
- Datta, R.K., 2002. Mulberry cultivation and utilization in India. Mulberry for Animal Production. *FAO Animal Production and Health Paper*, 147, 45-62.
- Demirel, F., Eren, B., Yilmaz, A., Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., et al. (2023a). Prediction of grain yield in wheat by CHAID and MARS algorithms analyses. *Agronomy*, 13(6), 1438.
- Demirel, F., Uğur, R., Popescu, G.C., Demirel, S., Popescu, M. (2023b). Usage of machine learning algorithms for establishing an effective protocol for the in vitro micropropagation ability of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott). *Horticulturae*, 9(10), 1112.
- Erdoğan, Ü., Pırlak, L. (2005). Ükemizde dut (*Morus* spp.) üretimi ve değerlendirilmesi. *Alatarım*, 4(2), 38-43.
- Eren, B., Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Demirel, F., Nowosad, K., et al. (2023). Investigation of the influence of polyamines on mature embryo culture and DNA methylation of wheat (*Triticum aestivum* L.) using the machine learning algorithm method. *Plants*, 12(18), 3261.
- Freeman, W.H., 1978. Temperate-Zone Pomology. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 428.
- Grieve, M., 2002. Mulberry Common. Online available: <http://botanical.com/botanical/mgmh/m/mul.com62.html> (01.05.2023).
- Huo, Y. (2002). Mulberry cultivation and utilization in China. Mulberry for animal production, FAO. Animal Production and Health Paper, 147, 11-44.
- Kovalchuk, I.Y., Mukhitdinova, Z., Turdiyev, T., Madiyeva, G., Akin, M., Eyduran, E., Reed, B.M. (2017). Modeling some mineral nutrient requirements for micropropagated wild apricot shoot cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 129(2), 325-335.
- Machii, H., Koyama, A., Yamanouchi, H., Matsumoto K., Kobayashi, S., Katagiri, K. (2001). A list of morphological and agronomical traits of mulberry genetic resources. *Misc. Publ. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci.*, 29, 1-307.
- Mahanta, P. K., Boruah, S.K., Boruah, H.K., Kalita, N.J., 1993. Changes of polyphenol oxidase and peroxidase activities and pigment composition of some manufactured black teas (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 41, 272-276.
- Martin, G., Reyes, F., Hernandez, I., Milera, M. (2002). Agronomic studies with mulberry in Cuba. Mulberry for Animal Production, FAO Animal Production and Health Paper, 147, 103-114.
- MEB, 2013. <http://megep.meb.gov.tr> (09.04.2023).
- Rapeanu, G., Loey, A.V., Smouth, C., Hendrickx, M. (2006). Biochemical characterization and process stability

of polyphenoloxidase extracted from victoria grape (*Vitis vinifera* spp. *sativa*). *Food Chemistry*, 94, 253-261.

Özbek, S. (1977). *Genel Meyvecilik*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak., 111(6), Adana. 386.

TUİK, 2014. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. <https://www.tuik.gov.tr/> (12.05.2023).

Türkoğlu, A., Bolouri, P., Haliloğlu, K., Eren, B., Demirel, F., et al. (2023a). Modeling callus induction and regeneration in hypocotyl explant of fodder pea (*Pisum sativum* var. *arvense* L.) using machine learning algorithm method. *Agronomy*, 13(11), 2835.

Türkoğlu, A., Haliloğlu, K., Demirel, F., Aydın, M., Çiçek, S., et al. (2023b). Machine learning analysis of the impact of silver nitrate and silver nanoparticles on wheat (*Triticum aestivum* L.): Callus induction, plant regeneration, and DNA methylation. *Plants*, 12(24), 4151.

Ünal, M. Ü. (2007). Properties of polyphenol oxidase from anamur banana (*Musa cavendishii*). *Food Chemistry*, 100(3), 909-913.

Zheng, T., Tan, Y., Huang, G., Fan, H., Ma, B. (1988). Mulberry Cultivation. FAO Agriculturae Services Bulletin, 73/1, Rome, p127.

Assessment of Nutritional Potential and Methane Mitigation Efficacy of Napier Grass Cultivars

Yakup BILAL^{1*} Bilal SELCUK¹ Tuğba BAKIR¹ Emrah KAYA² Adem KAMALAK¹ 

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Kahramanmaraş, Turkey

²Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Iğdır, Turkey

Correspondence

¹Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 76000, Iğdır, Turkey
Email: emrah.kaya@igdir.edu.tr

Abstract

Napier grass is cultivated as a high-yielding forage crop and widely utilized in the nutrition of grazing animals such as cattle and goats due to its rapid growth rate, expansive leaf surface, and ability to thrive even in low-quality soils, making it a valuable animal feed option. In this study, the chemical compositions, in vitro gas (GP) and methane (CH₄) production, metabolizable energy (ME), organic matter digestibility (OMD), true digestible dry matter (TDDM), microbial protein (MP), partitioning factor (PF), microbial protein synthesis efficiency (MPSE), and relative feed values (RFV) of the grasses Packhong1 (*Penisetum purpureum* x *Penisetum americanum*), Chinese Pennisetum (*Penisetum purpureum* x *Penisetum alopecurides*), and Dwarf Elephant (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) were investigated. Significant differences were found in the chemical contents of napier varieties used in the study ($p < 0.05$). The crude protein (CP) values of the Napier grass varieties were 12.21, 13.58, and 12.04%, while the acid detergent fibre (ADF) values were 51.91, 50.58, and 47.09%, respectively. Following a 24-hour incubation period, GP values were 70.16, 73.42, and 85.36 ml, with corresponding CH₄ of 13.08, 16.68, and 16.08%. The TDDM contents were measured at 231.96, 253.82, and 239.61, and the PF values were found to be 3.58, 3.75, and 3.04. The findings highlight variations in chemical composition and GP characteristics among the varieties, offering insights for more efficient feed utilization and environmental sustainability in livestock management. In conclusion, additional in vivo studies are warranted to assess the impact of Napier grass varieties on feed intake.

Keywords: Digestion, Feed value, Gas production, Napier grass

INTRODUCTION

The escalation of greenhouse gases has emerged as one of the most critical global concerns in recent years, prominently contributing to climate change (Seyedin et al., 2022). The primary greenhouse gases generated by human activities are carbon dioxide (CO₂), nitrous oxide (N₂O), and methane (CH₄). The escalating production of these greenhouse gases worldwide poses a threat to life, while it has been determined that the absence of these gases could reduce the Earth's average surface temperature by approximately -18°C (Ma, 1998). This situation underscores the vital role these gases play in the survival of life on Earth. However, a rapid increase in the concentration of these gases leads to climate change and global warming. According to a statement by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), the agricultural sector is responsible for 18% of greenhouse gas emissions worldwide, with approximately 80% of these emissions attributed to livestock (Swain et al., 2016). It is anticipated that global temperatures will rise slightly above 1°C per year, and global warming is expected to decrease feed quality by reducing digestibility and crude protein (CP) content in feeds (Polley et al., 2013; Rojas-Downing et al., 2017). Tropical grasses typically utilize C₄ metabolic pathways for photorespiration, while most temperate grasses employ C₃ carbon fixation pathways. Often, C₄ metabolic pathways lead to faster lignin accumulation in plant tissues, which can be a factor altering dry matter intake (DMI) and digestibility in ruminants (Wilson, 1994). Napier grasses (*Pennisetum purpureum*) are a type of C₄ carbon-fixing monocot perennial grass known for their natural presence in tropical regions across Africa,

especially in East Africa (Khan et al., 2007). They are recognized for their high productivity capacity and use as livestock feed, being long, robust, and deep-rooted perennial grasses (Woodard and Prine, 1991). Napier grasses come in various varieties and new Napier grass varieties emerge through interbreeding (Dowling, 2012). The aim of this study is to determine the potential nutritional values, relative feed values (RFV), and anti-methanogenic properties of Packhong1 (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetum americanum*), Chinese Pennisetum (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetum alopecurides*), and Dwarf Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott).

MATERIALS and METHODS

Napier grasses used in this study were harvested from a private greenhouse in Antalya in the first year of cultivation and in the pre-flowering period in 2023. These greenhouse-harvested Napier grasses were dried in the shade for 7 days and subsequently ground to prepare them for the milling process. The grasses used in the study were then individually ground using a 1 mm feed mill. The chemical analysis of the ground feeds, including dry matter (DM), crude ash (CA), ether extract (EE), and CP content, was conducted in triplicate following the method outlined by AOAC (1990). Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were determined according to the procedure described by Van Soest et al. (1991). For the determination of fermentation parameters, the ground Napier grass varieties were weighed at approximately 200 mg ± on a sensitive balance and placed into 100 ml special glass syringes. Subsequently, 30 ml of a previously prepared artificial saliva solution and rumen fluid obtained from three Merino sheep were added to the glass syringes at a 1:2 ratio. The glass syringes were then subjected to a 24-hour incubation in a water bath set at 39°C, in triplicate, following the method of Menke et al. (1979). After the 24-hour incubation, the gas measurements within the glass syringes were determined using a methane analyzer (Sensor Europe GmbH, Ekrath, Germany). The measurement values obtained were calculated according to the formula as reported by Goel et al. (2008).

$$\text{CH}_4 \text{ (ml)} = \text{GP (ml)} \times \text{CH}_4 \text{ (\%)} \quad (1)$$

In this formula:

GP represents the gas production after 24 hours of incubation (200 mg DM).

The metabolic energy (ME) and organic matter digestibility (OMD) of the grasses used in the study were determined according to the formula provided by Menke and Steingass (1988).

$$\text{ME (Mj kg}^{-1} \text{ DM)} = 2.2 + (0.136 \times \text{GP}) + (0.057 \times \text{CP}) + (0.002859 \times \text{EE} \times \text{EE}) \quad (2)$$

$$\text{OMD (\%)} = 14.88 + 0.8893 \times \text{GP} + 0.448 \times \text{CP} + 0.651 \times \text{CA} \quad (3)$$

ME: Metabolic Energy (Mj kg⁻¹),

GP: Gas Production (ml),

CP: Crude Protein (%),

EE: Ether Extract (%),

CA: Crude Ash (%)

OMD: Organic matter digestibility (%)

Neutral detergent acid (NDF) and acid detergent fibre (ADF) values of Napier grass varieties were determined according to the method reported by Van Soest et al. (1991). The relative feed values of these grasses were calculated according to the following formula (Van Dyke and Anderson, 2000).

$$\text{DMD (\%)} = (88.9 - (0.779 \times \% \text{ADF})) \quad (4)$$

$$\text{DMI (\%)} = (120 / \% \text{NDF}) \quad (5)$$

$$\text{RFV} = (\% \text{DMD} \times \% \text{DMI}) / 1.29 \quad (6)$$

In this formula;

DMD: Dry Matter Digestion

DMI: Dry Matter Intake

RFV: Relative Feed Value

After measuring the gases and methane produced in special glass syringes following a 24-hour incubation period, the inoculants were transferred into 100 ml beakers. Subsequently, 70 ml of NDF solution was added, and the mixture was boiled on a hot plate device for 60 minutes. Upon completion of the boiling process, the substrates in the beakers were filtered through glass filters with the aid of suction. After filtration, the glass filters were placed in an oven and kept at 70°C for 120 minutes. The glass filters were then removed from the oven, cooled in a desiccator, and weighed using a sensitive balance. The weights obtained were calculated using the formula described below (Blümmel et al., 1997a).

$$\text{TDDM (\%)} = (\text{Amount of incubated substrate} - \text{Amount of substrate after filtration}) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{PF} = (\text{TDDM} / \text{GP}) \quad (8)$$

$$\text{MP (mg)} = (\text{TDDM} - (2.2 \times \text{GP})) \quad (9)$$

$$\text{MPSE} = ((\text{TDDM} - (2.2 \times \text{GP})) / \text{TDDM}) \times 100 \quad (10)$$

$$\text{TDD (\%)} = (\text{TDDM} / \text{Amount of incubated substrate}) \times 100 \quad (11)$$

In these formulas:

TDDM: True Digestible Dry Matter

PF: Partitioning Factor

MP: Microbial Protein

EMP: Microbial Protein Synthesis Efficiency

TDD: True Digestibility Degree

The study's data were subjected to ANOVA and Duncan multiple range tests. Principal component analysis was conducted using the chemical composition and *in vitro* gas production parameters as variables, with Napier grass varieties used as the classification criterion.

RESULTS

The chemical compositions of Napier grass varieties are provided in Table 1. Significant differences in the chemical content of the Napier grass varieties used in the study were observed ($p < 0.05$). The ADF content, which represents the proportion of more resistant fibrous components in the feeds, differed significantly among the varieties, with Packhong1 grass having higher ADF values compared to other Napier varieties. This indicates that Packhong1 grass contains a higher amount of resistant fibers compared to other varieties. The EE content of Napier varieties did not show a significant difference among all varieties ($p > 0.05$). The NDF represents the fiber content of plant cell wall components in the feeds, and statistically, there was no significant difference in NDF values among the varieties ($p > 0.05$). The CA value, which indicates the mineral content of the feed, was 14.10% for

Dwarf Elephant Grass, which is 10.95% and 9.67% higher compared to the other two varieties. This difference suggests that Dwarf Elephant grass contains more mineral content than the others. The CP content represents the protein content of the feeds. Dwarf Elephant grass had the highest CP value at 13.58%, while the other varieties had lower CP values at 12.21% and 12.04%. The varieties did not show a significant difference in their ME values ($p > 0.05$). The OMD represents the proportion of digestible organic matter in the feeds. Dwarf Elephant and Chinese Pennisetum varieties had higher OMD ratios compared to the Packhong1 variety. These findings indicate that Dwarf Elephant and Chinese Pennisetum varieties are superior in terms of digestible organic matter. The GP in the feeds represents the amount of gas produced during feed fermentation. In this study, GP was measured for 200 mg of dry matter. Chinese Pennisetum grass had a higher GP value (36.07 ml) compared to the other varieties, indicating a higher fermentation potential and more GP. The other varieties, Packhong1 and Dwarf Elephant grasses, had lower GP values compared to the Chinese Pennisetum variety, suggesting lower fermentation potential and less GP.

Table 1. Chemical compositions of the varieties

Varieties	DDM	CA	CP	EE	NDF	ADF	GP	ME	OMD
Packhong1	92.69 ^a	10.95 ^b	12.21 ^a	4.51	64.57	51.91 ^b	30.51 ^a	7.57	54.61 ^a
Dwarf E.	94.57 ^b	14.10 ^c	13.58 ^b	5.24	65.84	50.58 ^b	31.24 ^a	7.84	57.93 ^b
Chinese P.	95.19 ^c	9.67 ^a	12.04 ^a	4.46	64.04	47.09 ^a	36.07 ^b	7.72	58.65 ^b
SEM	0.12	0.31	0.25	0.33	2.29	0.71	0.98	0.27	0.97
Sig.	.000	.000	.002	.103	.734	.001	.003	.633	.013

^{abc} Differences between means with different letters within the same row are significant ($P < 0.05$). DDM: Dried Dry Matter, CA: Crude Ash, CP: Crude Protein, EE: Ether Extract, GP: Gas Production (200 Mg DM), OMD: Organic Matter Digestibility, NDF: Neutral Detergent Fiber, ADF: Acid Detergent Fiber, ME: Metabolic Energy (Mj Kg⁻¹), SEM: Standard Error Of The Mean. Sig: Significance Level.

The RFV, DMD, and DMI values of Napier grass varieties are provided in Table 2. The DMD of Napier grass varieties was found to be statistically significant ($p < 0.05$). In the study, the highest RFV among the Napier grass varieties was determined to be 70.22 in Dwarf Elephant grass. The DMD and DMI values were found to be the highest in Chinese Pennisetum grass, with values of 52.20% and 1.87%, respectively.

Table 2. Digestion values of the varieties

Varieties	RFV	DMD (%)	DMI (%)
Packhong1	69.79	48.45 ^a	1.85
Dwarf E.	70.22	49.49 ^a	1.82
Chinese P.	52.20	52.20 ^b	1.87
SEM	0.55	0.06	3.16
Sig.	.001	.800	.187

RFV: Relative Feed Value, DMD: Dry Matter Digestibility, DMI: Dry Matter Intake. SEM: Standard Error of the Mean. Sig: Significance Level.

The *in vitro* GP and digestion parameters of Napier grass varieties in Table 3 showed statistically significant differences ($p < 0.05$). The *in vitro* GP and CH₄ production amounts of Napier grass varieties were observed to be the highest in Chinese Pennisetum grass, with values of 85.36 ml and 13.73 ml,

respectively. The TDDM amount, PF, MP, MPSE, and TDD were found to be the highest in Dwarf Elephant grass, with values of 253.82 mg, 3.75, 104.96 mg, 41.33%, and 52.97%, respectively.

Table 3. Gas production and digestion parameters of the varieties

Varieties	GP	CH ₄ (ml)	CH ₄ (%)	TDDM	PF	MP	EMP(%)	TDD (%)
Packhong1	70.16 ^a	9.13 ^a	13.08 ^a	231.96 ^a	3.58 ^b	89.69 ^b	38.69 ^b	49.61 ^a
Dwarf E.	73.42 ^a	12.26 ^b	16.68 ^b	253.82 ^b	3.75 ^b	104.96 ^c	41.33 ^b	52.97 ^b
Chinese P.	85.36 ^b	13.73 ^b	16.08 ^b	239.61 ^a	3.04 ^a	66.55 ^a	27.73 ^a	50.05 ^a
SEM	2.17	0.64	0.46	4.59	0.09	5.24	1.87	0.82
Sig.	.001	.001	.000	.000	.009	.001	.001	.013

^{abc} The difference between means with different letters in the same column is significant ($P < 0.05$). GP: Gas Production (500 mg DM), TDDM: True Digestible Dry Matter, PF: Partitioning Factor, MP: Microbial Protein, MPSE: Microbial Protein Synthesis Efficiency, TDD: True Digestibility Degree, SEM: Standard Error of the Mean, Sig: Significance Level.

DISCUSSION

The nutrient content of feed ingredients may vary depending on factors such as the climate and soil conditions in the cultivation area, harvesting stage, and storage methods of feed ingredients (Akyıldız, 1986; Kutlu, 2001; Şehu, 2002). The CP content in feeds has been reported to be an important component for producing high-quality feeds (Mohamad et al., 2022). It has been reported that when the CP content of feed ingredients is below 8%, the enzymatic activities of microorganisms in the rumen may be limited, leading to an inadequate supply of required ammonia in the rumen (Norton, 2003; Cappellozza et al., 2013). Since the CP content of the Napier grass varieties used in the study is above 8%, it can be said that the enzymatic activities of microorganisms in the rumen are at an adequate level. In this study, the CP value of the Packhong1 variety used was determined as 12.21%. In a study conducted by Ahamed et al. (2021), the CP values of Packhong1 grasses were found to be between 9.49% and 11.23%. In another study, CP values of Packhong1 grasses were observed to be between 8.64% and 12.64% (Lounglawan et al., 2014). The CP values of Dwarf Elephant grass were determined as 13.94% in the study conducted by Sirait (2018). The CA content of feeds, when exceeding 14%, has been reported to lead to contamination with foreign substances (Nauman and Bassler, 1993). In this study, the CA values of the Napier grass varieties met the desired values for Chinese Pennisetum and Packhong1 grasses. Plant fibers play an essential role in ruminant animals. Ruminant animals can digest plant substrates with the help of enzymes not present in other mammals, thereby contributing to the life cycle of rumen microorganisms (Van Soest, 1994). Sirait (2018) found NDF-ADF contents of Dwarf Elephant grass to be 54.02%, 73.88%, and 34.02%, 44.11%, respectively, in his research. The NDF content of Dwarf Elephant grass in this study is similar, but the ADF content is slightly higher. Lounglawan et al. (2014) determined the NDF-ADF contents of Packhong1 grasses as 59.63-76.49 and 37.86-46.99, respectively. The NDF findings in this study are similar to the findings in the study, while the ADF findings are slightly higher. The GP of feeds is related to the amount of fermentable carbohydrates (Sampath et al., 1995). Volatile fatty acids produced during fermentation react with buffer solution, leading to indirect GP (Wolin, 1960). Therefore, it is believed that the evaluation of feeds should consider not only GP but also digestible nutrient content and MP production (Blümmel et al., 1997b). Studies have reported that higher PF values in feeds increase MPSE, feed intake, and digestibility (Blümmel et al., 1997b; Blümmel and Lebzien, 2001). The most suitable value of PF, an important part of MPSE, is reported to be between 2.75 and 4.41 (Blümmel et al., 1997b; Blümmel and Lebzien, 2001). In this study, the PF values of Napier grass varieties were found to be within the values reported by animal nutrition experts. In some studies, feeds have been classified based on their anti-methanogenic properties. According to this classification, those with values between 11-14% are

considered to have low anti-methanogenic properties, those with values between 6-11% are considered to have medium anti-methanogenic properties, and those with values between 0-6% are considered to have high anti-methanogenic properties (Lopez et al., 2010). In this study, the Packhong1 grass among the Napier grass varieties used had low anti-methanogenic properties, while Dwarf Elephant and Chinese Pennisetum grasses were found to have no anti-methanogenic effect.

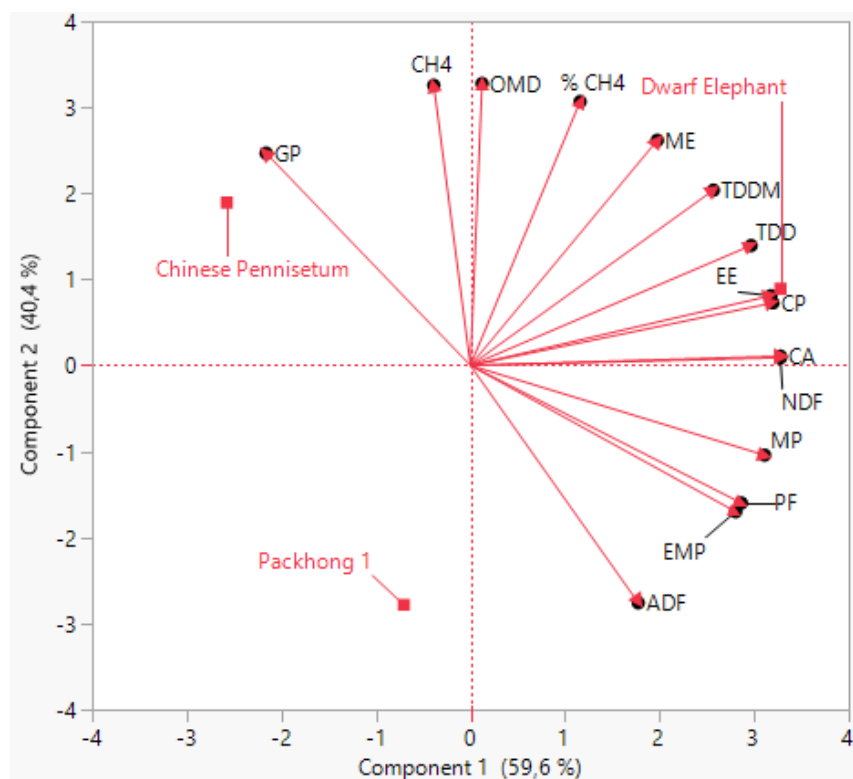


Figure 1. Principal component analysis of varieties using chemical composition and GP parameters

Figure 1 shows the principal component analysis of napier grass varieties. The first two principal components of Napier grass varieties accounted for 100% of the total. The variables GP, TDDM, PF, MP, EMP, TDD, NDF, CP, CA, and EE exhibited the highest factor loadings, with -0.22, 0.26, 0.29, 0.31, 0.28, 0.30, 0.33, 0.32, 0.33, and 0.32, respectively, explaining 59.6% of the variability between chemical composition and *in vitro* GP parameters through the first component (PC 1). The variables CH₄, %CH₄, ME, ADF, and OMD exhibited the highest factor loadings, with 0.40, 0.38, 0.32, -0.34, and 0.40, respectively, explaining 40.4% of the variability between chemical composition and *in vitro* GP parameters through the second component (PC 2). Dwarf Elephant grass was characterized by high %CH₄, ME, TDDM, TDD, EE, CP, CA, NDF, MP, PF, and EMP (Figure 1). Chinese Pennisetum grass was characterized by high GP, CH₄, and OMD variables, while Packhong1 grass was characterized by high ADF content.

CONCLUSION

According to the chemical composition of the Napier grass varieties used in the study, Packhong1 has a higher ADF content compared to the other two varieties. In terms of CP content, Dwarf Elephant variety is significantly different from the other varieties ($p < 0.005$). Regarding *in vitro* GP and digestion parameters, Packhong1 variety exhibits lower gas and CH₄ production compared to the other varieties. However, it has the lowest observed value for TDDM. Chinese Pennisetum grass has the lowest PF value among the varieties while having the highest OMD value. Based on these findings, it is evident that there are differences among the varieties in terms of chemical composition and GP characteristics. These findings provide valuable information for more efficient feed utilization and environmental

sustainability in the livestock industry. However, further *in vivo* studies are needed to examine the effects of these results on animal performance in more detail.

CONFLICTS of INTEREST

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahamed, S., Rakib, M. R. H., & Jalil, M. A. (2021). Forage growth, biomass yield and nutrient content of two different hybrid napier cultivars grown in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 50(1), 43-49.
- Akyıldız A. R. (1986). *Yem bilgisi ve teknolojisi* (2. Basım). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 974, s.286, Ankara-Türkiye.
- AOAC. (1990). *Official method of analysis*. Association of official analytical chemists 15th.edition, Washington DC, USA, s. 66.
- Blümmel, M., & Lebzien, P. (2001). Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by *in vitro* techniques. *Livestock Production Science*, 68, 107–117.
- Blümmel, M., Makkar, H. P. S., Chisanga, G., Mtimuni, J., & Becker, K. (1997a). The prediction of dry matter intake of temperate and tropical roughages from *in vitro* digestibility/gas-production data, and the dry matter intake and *in vitro* digestibility of African roughages in relation to ruminant liveweight gain. *Animal Feed Science and Technology*, 69(1-3), 131-141.
- Blümmel, M., Steingass, H., & Becker, K. (1997b). The relationship between *in vitro* gas production, *in vitro* microbial biomass yield and N-15 incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition*, 77, 911-921.
- Cappelozza, B. I., Bohnert, D. W., Schauer, C. S., Falck, S. J., Vanzant, E. S., Harmon, D. L., & Cooke, R. F. (2013). Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: II. Effects on ruminal fermentation. *Livestock Science*, 155(2-3), 214-222.
- Dowling, C. (2012). *Marker-assisted Verification of Hybrids in Pearl Millet-napiergrass (Pennisetum Glaucum [L.] R. Br. X Pennisetum Purpureum Schumach.)* (Doctoral dissertation, Texas A & M University).
- Goel, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2008). Effect of Sesbania sesban and Carduus arvensis leaves and Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L) seed and the extract on partitioning of nutrients from roughage and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 72-89.
- Khan, Z. R., Midega, C. A. O., Wadhams, L. J., Pickett, J. A., & Mumuni, A. (2007). Evaluation of Napier grass (Pennisetum purpureum) varieties for use as trap plants for the management of African stem borer (Busseola fusca) in a push-pull strategy *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124, 201-211.
- Kutlu, H. R. (2001). *Yemler bilgisi ve yem teknolojisi*. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fak. Yayınları (Ders Notu) Adana. s. 279.
- Lopez, S., Makkar, H. P. S., & Soliva, C. R. (2010). Screening plants and plant products for methane inhibitors. *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies, 191-231.
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., & Suksombat, W. (2014). Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum). *APCBEE procedia*, 8, 27-31.

- Ma, Q. (1998). Greenhouse gases: refining the role of carbon dioxide. NASA Goddard Institute for Space Studies. <http://www.giss.nasa.gov/research/intro/ma>, 1.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when the yare incubated with Rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 92: 217-222.
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal research and development*, 28, 7-55.
- Mohamad, S. S. S., Kamaruddin, N. A., & Ting, J. Y. (2022). Study on Chemical Composition of Napier Pak Chong (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) Harvested at Different Growth Stages. *Journal of Agrobiotechnology*, 13(1S), 24-30.
- Nauman, C., & Bassler, R. (1993). Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch, Band III. 3. Erg., VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Norton, B. W. (2003). The nutritive value of tree legumes. http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gut_t-shel/x5556e0j.htm. pp.1-10.
- Polley, H. W., Briske, D. D., Morgan, J.A., Wolter, K., Bailey, D.W., & Brown, J. R. (2013). Climate Change and North American Rangelands: Trends, Projections, and Implications. *Rangeland Ecological and Management*, 66(5), 493-511.
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate risk management* 16, 145-163.
- Sampath, K. T., Wood, C. D., & Prasad, C. S. (1995). Effect of urea and by-products on the *in vitro* fermentation of untreated and urea treated finger millet (*Eleusine coracana*) straw. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(3), 323-328.
- Seyedin, S. M. V., Zeidi, A., Chamanepour, E., Nasri, M. H. F., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). Methane Emission: Strategies to Reduce Global Warming in Relation to Animal Husbandry Units with Emphasis on Ruminants. *Sustainability*, 14(24), 16897.
- Sirait, J. (2018). Dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) as forage for ruminant. *WARTAZOA. Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences* 27(4), 167-176.
- Swain, P. S., Dominic, G., Bhakthavatsalam, K. V. S., & Terhuja, M. (2016). Impact of ruminants on global warming: Indian and global context. *Climate Change Challenge (3C) and Social-Economic-Ecological Interface-Building: Exploring Potential Adaptation Strategies for Bio-resource Conservation and Livelihood Development*, 83-97.
- Şehu, A. (2002). Yemlerin tanımı, sınıflandırılması ve değerliliğini etkileyen faktörler. *Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi*. S. 1-11.
- Van Dyke, N. J., & Anderson, P. M. (2000). Interpreting a Forage Analysis. *Alabama Cooperative Extension Circular ANR-890*.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. D., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fibre, Neutral Detergent Fibre and Non-Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Woodard, K. R., & Prine, G. M. (1991). Forage yield and quality of Elephant grass as affected by harvesting frequency and genotype. *Agronomy Journal*, 83(3), 541-546.
- Wilson, J. R. (1994). Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *The Journal of Agricultural Science*, 122(2), 173-182.
- Wolin, M. J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, 43(10), 1452-1459.

Bir Organik Materyal Olan Leonarditin Kahramanmaraş Koşullarında Nohut Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri

Enise Nur EKİCİ^{1*} Ali Rıza DEMİRKİRAN² Erkan BOYDAK³ 

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Özet

Organik materyaller, toprakların verimliliğine katkılar sunan, bitkilerin daha iyi beslenmelerini sağlayan doğal kaynaklardır. Bu çalışmada, Kahramanmaraş Afşin-Elbistan bölgesinden elde edilen leonardit, 0, 1, 2 ve 3 ton.da⁻¹ dozlarında (L1, L2, L3 ve L4) uygulanmak suretiyle nohut bitkisinin gelişimine etkileri amacıyla kullanılmıştır. Bu materyalin nohut bitkisinin gelişimine ve bazı bitki gelişim parametrelerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlara göre, çiçeklenme döneminde L1 uygulamasının kuru bitki ağırlığı (2.433 g), ve nodül sayısına (14.7 adet) etkilerinin önemli olduğu, yine bu dönemde L3 uygulamalarının bitki yaş ağırlığına (12.4 g) etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Hasat zamanı incelenen parametrelerde ise en fazla anadal sayının L0 uygulamasında (5.8 adet), en yüksek 100 tane ağırlığının ise L1 dozundan (60.842 g) elde edildiği gözlenmiştir. Bitkinin tane verimi ve tane ağırlığı kriterleri açısından L1 uygulamasının en fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bitkinin bazı bitki gelişim parametrelerine üzerine leonarditin etkilerine bakıldığında L1 uygulamasının en yüksek değerlerin elde edilmesinde rol oynadığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Leonardit, nohut, organik gübreleme, Kahramanmaraş

The Effect of Leonardite as Organic Material on Growth of Chickpea in the Kahramanmaraş Condition

Correspondence

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, Türkiye Email: ademirkiran@bingol.edu.tr

* Bu çalışma Enise Nur EKİCİ'nin Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Abstract

Organic materials are ecological, natural resources that contribute to the fertility of soils and provide better nutrition for plants. In this study, leonardite which obtained from Kahramanmaraş Afşin-Elbistan region was used with 0, 1, 2, and 3 tonne.decare⁻¹ doses (as L1, L2, L3, and L4) for its effects on the development of chickpea plant. The effects of this material on the growth of chickpea plant and some plant growth parameters were investigated. According to the results at the flowering period, it was seen that L3 applications caused an increase in the wet weight of the plant (12.4 g), and L1 application had the most effect in dry plant weight (2.433 g) and number of nodules (14.7) of the plant. According to the results at the harvest period, it was seen that L0 applications caused an increase in the number of main branches of the plant (5.8), and L1 application had the most effect in 100 grain weight (60.842 g) of the plant. When the effects of leonardite on the some plant growth parameters of the plant were examined, it was observed that L1 application played a role in obtaining the highest values.

Keywords: Leonardite, chickpea, organic fertilization, Kahramanmaraş

GİRİŞ

Nohut (*Cicer arietinum* L.) hem ülkemizde hem de dünyada yetiştiriciliği en fazla yapılan baklagil bitkilerinden birisidir (FAO 2020; TÜİK 2020). Nohut, topraktaki bitki besin elementlerine olan ihtiyacı bakımından da kanaatkâr bir bitkidir (Kulaz ve Çiftçi 1999; Karaağaç vd. 2019; Uçar 2020).

Leonardit, doğal olarak oluşan bir oksitlenmiş linyit türü, yani bir tür “olgunlaşmamış” kömürdür. Leonarditin oluşmasının milyonlarca yıl sürdüğü bilinmektedir. Linyit ve leonarditin özellikleri çıkarıldığı yöreye göre de değişken olmaktadır (Boughton 1972; Iakimenko 2005; Eady 2012). Leonardit, yüksek miktarda hümik asit (HA) ve fulvik asit (FA) içeren organik bir karışımdır (Sugier et al. 2013; Rataprommanee and Shutsrirung 2014; Olivella et al. 2011; Çankaya vd. 2017; Zengin 2013; Aygün ve Mert 2020; Filcheva et al. 2017; Holatko et al. 2020; Shahryari et al. 2011; Wadas and Dziugiel 2020; Dias et al. 2020; Karaman et al. 2013). Son yıllarda leonardit'in toprak ve bitki yetiştirme açılarından potansiyel oluşturduğu ve bu konuda yapılan çalışmaların artmaya başladığı gözlenmektedir.

Leonarditin Anadolu sarıçam ve karaçam türlerinde etkileri araştırılmış (Çeler 2013), leonarditin birçok dozunun fidan taze ve kuru ağırlık değerlerinde olumlu yönde etkide olduğu anlaşılmıştır.

Fascella et al. (2021) süs bitkisi yasemine (*Murraya paniculata* L. Jacq.) leonarditin etkisini araştırmıştır. Leonarditin bitki boyunu, dal sayısını, bitki meyve sayısını, yaprak sayısını, yaprak alanını, bitkinin yaş yaprak ağırlığını, yaş kök ağırlığını, toplam bitki yaş ağırlığını, kuru yaprak ağırlığını, toplam kuru ağırlığını ve kök uzunluğunu önemli düzeyde arttırdığını, bitki yaş gövde ağırlığının ve kök kuru ağırlığının ise arttığını belirtmişlerdir. Kołodziej et al. (2013) altın kök bitkisine (*Rhodiola rosea* L.) leonardit uygulamışlar, bitkinin toprak üstü ve toprak altı aksamalarının ağırlıklarının ve biyomasının leonardit uygulamalarıyla arttığını bulmuşlardır. Leonarditi horozibüğüne (*Amaranthus*) uygulayan Ketten ve Tanrıverdi (2020), verimin, bin dane ağırlığının, bitki boyunun ve salkım boyunun arttığını bildirmişlerdir.

Leonardit uygulanan mısır genotiplerinde (Shahyari et al. 2011) kök gelişiminin ve kök uzunluğunun arttığı, bitki gelişiminin olumlu etkilendiği tespit edilmiştir. Leonarditin (L) pamuk bitkisine azotla birlikte kullanıldığında (Aygün ve Mert 2020), bitki boyu, dal sayısı, koza sayısı, koza ağırlığı, lif inceliği, lif mukavemeti ve 100 tohum ağırlığı kriterlerinde önemli değişiklik olmadığı, lif uzunluğunda 100 kg L/da + 15 kg N/da ile 200 kg L/da + 20 kg N/da uygulamalarıyla önemli artışların olduğu gözlemlenmiştir. Ertekin vd. (2020) 3 fiğ türüne leonardit, zeolit ve hayvan gübresi uygulamışlar, leonardit uygulamalarının tüylü fiğın bitki boyunu; yaygın fiğın taze ot verimini; yaygın fiğın, macar fiğının ve tüylü fiğın kuru ot verimini arttırdığını belirtmişlerdir. Leonarditin patates bitkisine etkilerini araştıran Seyedbagheri ve Torell (2001) yumru veriminin arttığını bildirmiştir. Çavdar bitkisinde leonarditin kuru madde verimini arttırdığı (Adiloğlu et al. 2018), buğday bitkisinde uygulamanın (50, 100, 150, 200 ve 250 kg/da) verimde 200 kg/da'a kadar artışa neden olduğu (Kolay vd. 2016), ayçiçeğinde olumlu etkileri olduğu (Tamer vd. 2016) belirtilmiştir. Sanli et al. (2013) patates bitkisine uyguladıkları leonarditin (200, 400 ve 600 kg/ha) bitkideki yumru adedine ve bitki boyuna olumlu etkileri olduğunu bulmuşlardır. Ayhan et al. (2021), buğday bitkisine uyguladıkları leonarditin (160 kg N/ha olarak) en yüksek bitki boyuna, tane sayısına, başaktaki tane ağırlığına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Litardo et al. (2022) tarafından Ekvator'da pirinç bitkisine leonardit uygulanmış, verim, tane/gövde oranı ve hasat indeksinin arttığı bildirilmiştir. Bunun yanında leonarditin bitki boyuna, filiz sayısına, gövde kuru ağırlığına, salkıma, 1000 tane ağırlığına ve tane kuru ağırlığına etkisi

olmamıştır. Ratanaprommanee et al. (2017) pirince doğal ve zenginleştirilmiş leonardit uygulamışlar, bitkide tane ağırlığını leonarditin %17, zenginleştirilmiş leonarditin %20 arttırdığını bildirmişlerdir. Bitkinin biyokütlesinin leonarditle %97, iyileştirilmiş leonarditle %117 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Leonarditin (% 5, 10 ve 20 oranlarında) kıvırcık yaprak salata bitkisine etkilerini araştıran Sesveren ve Taş (2018), verim ve bazı gelişim parametreleri üzerine istatistiki olarak önemli olduğunu bulmuştur. Leonarditin toz haline getirilmiş formunun, buğday, mısır, kanola ve domates bitkilerinde kök gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Adani et al. 1998; Pertuit et al. 2001; Dilk 2002). Benzer şekilde, marul ve fasulye bitkilerinde de leonarditin olumlu etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Dudley et al. 2004). Farklı dozlarda (100, 200, 400 kg/da) uygulanan leonarditin ıspanak bitkisine etkilerini araştıran Yıldız vd. (2019), yaprak eni, yaprak ağırlığı ve kök ağırlığı gibi bitkinin bazı verim kriterlerinin de olumlu etkilendiğini vurgulamışlar, leonarditin dozunun artışıyla bu parametrelerin de arttığını belirtmişlerdir. Duval et al. (1998) leonarditi kullandığı bitkilerde bitki gelişiminin olduğunu bildirmişlerdir. Leonardit uyguladıkları turp (*Brassica rapa* L.) ve hardal (*Brassica hirta* L.) bitkilerinde ölçtükleri fizyolojik kriterlerde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığını kaydetmişlerdir. Topcuoglu ve Onal (2006) serada yetiştirdikleri domatese leonardit uygulamışlar ve meyve verimine pozitif etki yaptığını rapor etmişlerdir. Oğuz vd. (2012) Tokat koşullarında leonardit uygulamalarının biber verimine önemli etkide bulunmadığını bildirmişlerdir. Wallaca and Wallaca (1986) domatese ve buğdaya 5.8 ile 11 t/ha leonardit uygulamışlar, domatesin veriminin arttığını, fakat buğdayın verim ve kuru madde miktarında önemli bir artış olmadığını rapor etmişlerdir. Salatalık bitkisine 0, 20, 35 ve 50 g/kg leonardit uygulayan Majeed (2021), leonarditin bitki kuru ağırlığını, bitki boyunu, bitki meyve sayısını arttırdığını bulmuşlardır. Leonarditin bitki gelişimine olumlu etkilerinin olduğu ve bitki besin maddelerinin alımında iyileşmelerin görüldüğü bazı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Aguire et al. 2009; Ertani et al. 2011; Tahiri et al. 2015). Conselvan et al. (2017), marul bitkisine uyguladıkları leonarditin kök gelişimine (alan, çap, uzunluk ve çeşitlilik açılarından) pozitif etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Ertani et al. (2019) mısır bitkisine leonardit-humat uygulamışlar ve kök gelişiminin daha fazla olumlu etkilendiğini belirtmişlerdir.

Sugier et al. (2013), dağ tütününe (*Arnica montana* L.) uyguladıkları leonarditin dal ve çiçek sayısı ile verimi arttırdığını, Qian et al. (2015) leonarditin fasulyenin kök gelişiminde rol oynadığını, kök yüzey alanına, kök uzunluğuna, kök alanına ve kök sayısına olumlu etki yaptığını ilave etmişlerdir. David et al. (2014) ise yine leonardit – humatının mısır bitkisinde kök gelişimine pozitif etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir. Sun et al. (2016) mısır fidelerinin laboratuvar koşullarında, leonarditin kök gelişimini (kök uzunluğunu ve toplam kök alanını) arttırdığını bildirmişlerdir. Hidroponik kültürde leonarditin mısır fidesi toplam ağırlığını, yaprak ve kök ağırlığı ile bitki boyunu arttırdığını tespit etmişlerdir.

Cieschi et al. (2019) tarafından leonardit-humat uygulamaları ile baklagil bitkilerinin gövde ve kök gelişiminin (%15-25 oranında) arttığı belirtilmiştir. Kiyas (2020) leonarditin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinde kök-gövde uzunluğunu, kök-gövde ağırlığını arttırdığını tespit etmiştir. Pertuit et al. (2001) ve Dinç (2014) leonarditin bitki boyuna etki etmediğini, İmamoğlu (2019), Azcona et al. (2011) ve Özel (2011) bitki boyunu artırdığını, Ergönül (2011) ise bitki boyunu azalttığını bulmuşlardır. Pertuit et al. (2001) domates fidesinin 1/3 oranında leonarditle ve kimyasal gübre ortamında, bitki boyunun % 40, yaş gövde ağırlığının % 134, yaş kök ağırlığının % 82, kuru gövde ağırlığının % 133 ve kuru kök ağırlığının % 400 arttığını belirtmişlerdir. Akimbekov et al. (2020) leonarditin patatese etkilerini araştırmış, uygulamaların bitki boyu, bitki dal sayısı, bitki meyve sayısı, meyve ağırlığı ve verimini arttırdığını bildirmişlerdir. Mostofa ve Akın (2017) ve Gürsoy (2016)

leonarditin 100-tane ağırlığını artırdığını, Ergönül (2011) ise 1000-tane ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir. Leonarditin asmanın (*Vitis vinifera* L., Chardonnay) (Reynolds et al. 1995), salatalığın (Rauthan and Schnitzer 1981), mısırın (Tan and Nopamornbodi 1979) ve domatesin (Bryan 1976) gelişiminde olumlu olduğu bildirilmiştir. Öktem vd. (2017), Ergönül (2011) ve Öztürk (2010) leonarditi tane verimini artırdığını, Uçar vd. (2020) ise belli bir düzeye kadar tane verimini arttırdığını bildirmişlerdir. Nazli et al. (2014a) sorguma (*Sorghum bicolor x sorghum bicolor var. sudanense*) leonardit uygulamışlar, yeşil ot veriminin önemli düzeyde arttığını bulmuşlardır. Ece et al. (2007) fasülyede, Demir et al. (2012) patatesten ve Nazli et al. (2014b) silajlık mısırdaki benzer sonuçların çıktığını bildirmişlerdir.

Ünsal vd. (2008) humik asit uyguladıkları nohut bitkisinin biyolojik verim, tane verimi, bin dane ağırlığı, bitki boyu, bakla sayısı, bitkide tane verimi, tane sayısında en iyi sonuçların sırası ile 484.83 kg/da, 291.51 kg/da, 549.17 g, 33.10 cm, 11.12 adet, 5.19 g, 9.27 adet olduğunu elde etmişlerdir. Dönder and Toğay (2021) Mardin’de nohuta uyguladıkları hümik asitin incelenen kriterlerde önemli etkide artış sağladığı, en yüksek tohum veriminin 286.9 kg/da olduğunu, hümik asitin bitki boyunu 4 cm uzattığını (47-51 cm), dal sayısını 1 adet arttırdığını (4-5 adet), bitki bakla sayısını 9 adet arttırdığını (23-32 adet), bitki tane sayısını 9 adet arttırdığını (24-33 adet), tane verimini 27 kg/da arttırdığını (235-263 kg/da) ve 100 tane ağırlığını 4 g arttırdığını (32-36 g) tespit etmişlerdir. Ali and Ali (2019), gübreleme uyguladıkları nohut bitkisinde bitki boyunun 21-40 cm, dal sayısının 5-10 adet, 100 tane ağırlığının 27-46 g, tane veriminin 480-671 kg/ha arasında olduğunu bildirmişlerdir. Çakır (2005) aşılama ile nohut boyunun % 1.6-3.6, tane sayısının % 13.8-27.6, kök kuru ağırlığının % 1-13 arttığını belirtmiştir.

Babagil (2010) Muş’ta nohut tane veriminin 92-133 kg/da arasında, bitki boyunun 37-43 cm, dal sayısının 3.1-3.3 adet, bakla sayısının 22-26 adet, 100 tane ağırlığının 40.7-43.9 g arasında olduğunu bulmuştur. Uzun vd. (2012) nohut çeşitlerinde bitki boyunun 34-40 cm, bitki dal sayısının 2.9-3.9 adet, 100 tane ağırlığının 43.4-55.7 g, verimin 172-285 kg/da arasında olduğunu tespit etmiştir. Chauhan et al. (2021) Hindistan’da nohut bitkisinin dallanmasının 2-12 adet arasında olduğunu, köklerinin 3 metre derine gidebildiğini, bakla boyunun 15-30 mm, her baklada 1-25 tane bulunduğunu, 100 tane ağırlığının ortalama 16-45 g olduğunu, toprak üstü bitki boyunun 4-95 cm arasında olduğunu vurgulamıştır. Singh et al. (2021), nohut veriminin Hindistan’da 893 kg/ha, Avustralya’da 1491 kg/ha, Myanmar’da 1492 kg/ha, Etiyopya’da 2007 kg/ha, Türkiye’de 1259 kg/ha, Pakistan’da 349 kg/ha olduğunu raporlamışlardır. 2000 kg/ha civarında verim elde etmek için 125 kg N/ha, 10 kg P/ha ve 63 kg K/ha besin elementine ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. 100 tane ağırlığının 25-45 g arasında olduğu tespit edilmiştir.

Aydın ve Sepetoğlu (1991) nohut bitkisindeki nodül sayısının 8-18 adet/bitki olduğunu, Müderriszade (1996) 3-7 adet/bitki olduğunu bulmuşlardır. Nohutta bitki boyunun 20-100 cm arasında olduğu, bazen 150 cm’ye kadar uzadığı bildirilmektedir (Saxena and Singh 1985). Diyarbakır’da bunun 37-43 cm arasında (Türk 2001), Amasya’da 33-49 cm arasında (Bozoğlu vd. 2007) olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, Kahramanmaraş koşullarında nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisine özellikle o bölgeden tedarik edilen leonardit (Afşin-Elbistan Leonarditi) materyalinin farklı oranlarda toprağa uygulanması sonucu elde edilen nohut bitkisinin farklı zamanlardaki bazı fizyolojik özellikleri ve verime dair bazı unsurları incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2021 yılı ilkbahar döneminde Kahramanmaraş, Suçatı-Karadut yöresindeki çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan nohut yörede tarımı yapılan yerel çeşittir. Denemede nohuta uygulanan leonardit materyali Afşin-Elbistan Termik santralinde çıkan materyaldir. Ekim öncesi arazi sürülmüş, düzeltilmiş ve parselizasyon işlemi yapılmıştır. Yabancı otlar elle temizlenmiştir. Farklı leonardit dozları olarak 0 kg/da (kontrol), 1000 kg/da, 2000 kg/da, 3000 kg/da (0, 1, 2 ve 3 ton/da leonardit) uygulamaları ekimden önce yapılmıştır. Leonardit materyali ekim için açılan 3-4 cm'lik sıralara parsel içinde eşit olacak şekilde önceden toprağa karıştırılmış ve daha sonra ekim yapılmıştır. Bu leonardit miktarları; Ece ve diğerlerinin (2007) fasülyeye (1 ve 2 ton/da), Demirkıran ve Cengiz'in (2010) antepfıstığı fidanlarına (0.24, 0.48, 0.96 ton/da), Yolcu ve arkadaşlarının (2011) çavdara (2.5, 5 ve 7.5 ton/da), Şeker ve Ersoy'un (2005) mısıra (5 ton/ha), Wallaca ve Wallaca'nın (1986) domatese ve buğdaya (0.5-1 t/da), Singkham ve Ditthakit'in (2019) salatalık bitkisine (1.5, 3, 4.5 t/da), Majeed'in (2021) yine salatalığa (4, 7 ve 10 ton/da) uygulamaları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim 2021 yılının mart ayının son haftasında yapılmıştır. Parsel özellikleri; parsel uzunluğu 4 m, sıra arası 30 cm, her parselde 4 sıra olacak şekilde düzenlenmiştir (Toğay vd. 2005). Denemede sulama damla sulama olarak yapılmış, yabancı otlar elle parsel içerisinden uzaklaştırılmıştır. Parsel kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra, parsel içerisindeki tesadüfen seçilen 5 bitki üzerinde gözlemler yapılmıştır. Araştırmada incelenen özellikler; bitkinin toplam yaş ağırlığı, toplam kuru ağırlığı, toprak üstü uzunluğu, kök uzunluğu, dal sayısı, tane sayısı, tane ağırlığı, 100 tane ağırlığı, nodül sayısıdır. Çalışmadan elde edilen veriler JUMP istatistiki paket programında analiz edilmiştir (Gülümser vd. 2013).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın yapıldığı araziden alınan toprağın analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Nohut denemesinin yapıldığı arazinin toprak analizi

Yapılan analiz, birim	Sonuç	Açıklama	Referanslar
Saturasyon, %	46.2	Tınlı	FAO (1990), Kacar ve Katkat (2010)
pH	7.45	Nötral	Peech (1965), Kacar ve Katkat (2010)
Tuzluluk, %	0.014	Tuzsuz	Rhoades (1990), Kacar ve Katkat (2010)
Organik madde, %	3.57	İyi	Nelson and Sommers (1982), Kacar ve Katkat (2010)
Kireç (CaCO ₃), %	1.33	Az kireçli	McLean (1982), Kacar ve Katkat (2010)
Potasyum (K ₂ O), kg/da	44.71	Yeterli	Helmke and Sparks (1996), Kacar ve Katkat (2010)
Fosfor (P ₂ O ₅), kg/da	30.85	Yüksek	Olsen et al. (1954), Kacar ve Katkat (2010)

Toprak analiz sonuçları dikkate alındığında, toprağın organik madde, fosfor ve potasyum açılardan iyi durumda olduğu, tuz problemi olmadığı, pH'nın nötral durumda olduğu, bünyesinin tınlı özellikte olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye genelindeki değişik bölgelerde yapılan toprak analizleri sonuçlarına bakıldığında; topraklarımızın genellikle hafif alkalin reaksiyonlu, organik maddelerini düşük, kireç içeriklerinin orta ve yüksek, elverişli fosfor ve değişebilir potasyum içerikleri bakımından ise değişken özellik gösterdiği bildirilmiştir (Öner 2014; Demirekin 2014; Fidancı 2015; Soba vd. 2015; Akça vd. 2015; Yağanoğlu 2016).

Kahramanmaraş ili topraklarında yapılan diğer toprak analizlerinde ise, toprakların genellikle nötr ve hafif alkalin reaksiyonda, hafif tuzlu, kireç içeriğinin yüksek, organik madde içeriğinin düşük, bitkiye yararlı potasyumun yeterli, fosforun ise analizlerin yarısına yakınında yeterli çıktığı bildirilmiştir (Yılmaz 2020). Karagöktaş'ın (2012) Kahramanmaraş, Afşin-Elbistan tarım arazilerinde yaptığı analizlerde, toprakların saturasyonlarının % 52-74 arasında, toplam tuz miktarının % 0.07-0.25 arasında, bitkiye yararlı fosforun 8.9-116.5 mg/kg arasında, bitkiye yararlı potasyumun 119-1256 mg/kg arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan leonarditin analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan leonarditin analiz sonuçları

Analiz, birim	Değer
Azot (N), %	2.52
Fosfor (P), %	0.266
Potasyum (K), %	0.41
Kalsiyum (Ca), %	0.30
Magnezyum (Mg), %	0.15
Sodyum (Na), mg/kg	608.7
Bakır (Cu), mg/kg	4.22
Mangan (Mn), mg/kg	71.56
Çinko (Zn), mg/kg	18.06
Demir (Fe), mg/kg	5921.41

Bu çalışmada, nohut bitkisine uygulanan leonarditin 25 Mayıs 2021 tarihindeki belirlenen kuru nohut ağırlığı, yaş ağırlığı, gövde uzunluğu, kök uzunluğu, nodül sayısı, anadal sayısı üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 3, 4, 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Yine, nohut bitkisine uygulanan leonarditin 23 Temmuz 2021 tarihindeki belirlenen bitki kuru ağırlığı, gövde uzunluğu, dal sayısı, bitki tane sayısı, bitki tane ağırlığı, 100 tane ağırlığı üzerine etkisini gösteren varyans analiz sonuçları Çizelge 9, 10, 11, 12, 13 ve 14'te verilmiştir.

Çizelge 3. Leonarditin kuru nohut ağırlığı (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	4,3968891	0,879378	18,2952
Hata	6	0,2883958	0,048066	Prob > F
Genel	11	4,6852849		0,0014

Çizelge 4. Leonarditin nohut yaş ağırlığı (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	92,97240	18,5945	5,9309
Hata	6	18,81100	3,1352	Prob > F
Genel	11	111,78340		0,0256

Çizelge 5. Leonarditin gövde uzunluğu (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	132,51914	26,5038	0,5309
Hata	6	299,51375	49,9190	Prob > F
Genel	11	432,03289		0,7480

Çizelge 6. Leonarditin kök uzunluğu (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	35,008208	7,00164	1,4076
Hata	6	29,844883	4,97415	Prob > F
Genel	11	64,853092		0,3412

Çizelge 7. Leonarditin köklerdeki nodül sayısı (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	174,09214	34,8184	5,5867
Hata	6	37,39395	6,2323	Prob > F
Genel	11	211,48609		0,0293

Çizelge 8. Leonarditin ana dal sayısı (25 Mayıs) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	1,3104833	0,262097	1,0816
Hata	6	1,4539167	0,242319	Prob > F
Genel	11	2,7644000		0,4546

Çizelge 9. Leonarditin toplam kuru ağırlığı (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	0,02961000	0,005922	0,6507
Hata	6	0,05460763	0,009101	Prob > F
Genel	11	0,08421764		0,6731

Çizelge 10. Leonarditin gövde uzunluğu (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	70,82000	14,1640	0,4323
Hata	6	196,60667	32,7678	Prob > F
Genel	11	267,42667		0,8122

Çizelge 11. Leonarditin dal sayısı (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	6,353333	1,27067	1,9889
Hata	6	3,833333	0,63889	Prob > F
Genel	11	10,186667		0,2135

Çizelge 12. Leonarditin bitki tane sayısı (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	679,3825	135,877	1,2180
Hata	6	669,3267	111,554	Prob > F
Genel	11	1348,7092		0,4024

Çizelge 13. Leonarditin bitki tane ağırlığı (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	0,01459408	0,002919	1,4048
Hata	6	0,01246617	0,002078	Prob > F
Genel	11	0,02706025		0,3421

Çizelge 14. Leonarditin 100 tane ağırlığı (23 Temmuz) üzerine etkisinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Uygulama	5	888,3465	177,669	5,8223
Hata	6	183,0922	30,515	Prob > F
Genel	11	1071,4387		0,0267

Bu çalışmada, nohut bitkisine uygulanan leonarditin 25 Mayıs 2021 tarihindeki belirlenen kuru nohut ağırlığı, yaş ağırlığı, gövde uzunluğu, kök uzunluğu, nodül sayısı, anadal sayısı ortalama değerleri ve bu ortalama değerlerin istatistiksel açıdan farklılıkları Çizelge 15’te verilmiştir.

Çizelge 15. Leonarditin nohut bazı gelişim faktörleri üzerine etkisi (25 Mayıs 2021)

Uygulama	Kuru bitki ağırlığı (g)	Yaş ağırlığı (g)	Gövde uzunluğu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Nodül sayısı (adet)	Anadal sayısı (adet)
L0	1.440B	4.967C	25.837	11.103	7.967B	2.037
L1	2.433A	8.297BC	31.060	11.667	14.700A	2.233
L2	1.605B	10.457AB	31.980	11.233	7.310B	1.867
L3	2.765A	12.400A	34.300	12.300	10.080AB	2.743

Yine, nohut bitkisine uygulanan leonarditin 23 Temmuz 2021 tarihindeki belirlenen bitki kuru ağırlığı, gövde uzunluğu, dal sayısı, bitki tane sayısı, bitki tane ağırlığı, 100 tane ağırlığı ortalama değerleri ve bu ortalama değerlerin istatistiksel açıdan farklılıkları Çizelge 16’da verilmiştir.

Çizelge 16. Leonarditin nohut bazı gelişim faktörleri üzerine etkisi (23 Temmuz 2021)

Uygulama	Kuru nohut ağırlığı (g)	Gövde uzunluğu (cm)	Anadal sayısı (adet)	Bitki tane sayısı (adet)	Bitki tane ağırlığı (g)	100 tane ağırlığı (g)
L0	5.21	49.600	5.800A	37.267	0.267	54.960AB
L1	4.95	49.067	4.467AB	53.667	0.241	60.842A
L2	4.17	47.800	4.133B	52.500	0.190	40.133C
L3	4.27	53.667	4.267AB	51.000	0.199	47.272BC

25 Mayıs 2021 tarihindeki bitkinin çiçeklenme döneminde alınan örneklerdeki kuru bitki ağırlığı 1.44-2.76 g arasında, bitki yaş ağırlığı 4.97-12.40 g arasında, gövde uzunluğu 25.84-34.30 cm arasında, kök uzunluğu 11.10-12.30 cm arasında, nodül sayısı 7.31-14.70 adet arasında, anadal sayısı 1.87-2.74 adet arasında olduğu gözlenmiştir. 23 Temmuz 2021 tarihindeki hasat zamanı ölçümlerinde elde edilen değerlere bakıldığında, bitkide kuru ağırlığın 4.17-5.21 g arasında, gövde uzunluğunun 47.80-53.67 cm arasında, dal sayısının 4.13-5.80 adet arasında, bitki tane sayısının 37.27-53.67 adet arasında, tane ağırlığının 0.19-0.27 g arasında, 100 tane ağırlığının 40.13-60.84 g arasında olduğu bulunmuştur. Bitkinin tane verimi ve tane ağırlığı kriterleri üzerine leonarditin etkisine bakıldığında, L1 uygulamasının en fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bitkinin yaş ağırlığında ve biyomasi üzerine leonarditin etkilerine bakıldığında ise L3 uygulamasının en yüksek değerini elde edilmesinde rol oynadığı gözlenmiştir.

Tarla denemesinde nohut bitkisine uygulanan leonarditin 25 Mayıs 2021 tarihindeki belirlenen bitki fizyolojik özelliklerinden kuru bitki ağırlığı, yaş ağırlığı ve nodül sayısına önemli etkileri olmuş, kuru bitki ağırlığının en yüksek değeri L1 ve L3 uygulamalarından, en yüksek bitki yaş ağırlığı L3 uygulamasından, ve fazla nodül sayısı da L1 uygulamasından elde edilmiştir. 23 Temmuz 2021 tarihindeki ölçülen bitki fizyolojik özelliklerinden ana dal sayısının en yüksek değerine kontrol uygulamasından, en fazla 100 tane ağırlığına ise L1 uygulamasından elde edilmiştir.

Nohutun organik gübreleme ile tane verimi ve bazı bitkisel parametrelerinin arttırılabildiği değişik çalışmalarla vurgulanmıştır (Koca 2019; Eker 2019; Karayel vd. 2020; Uçar 2019; Uçar 2020; Dönder ve Toğay 2021; Jat and Ahlawat 2004; Otieno et al. 2009; Singh et al. 2012; Mahawar 2013; Mir et al. 2014; Saadati and Baghi 2014).

Rashid et al. (2021) Pakistan nohut genotiplerinin bitki boyunun 42.7-67.0 cm, 100 tane ağırlığının 12.1-28.2 g arasında değiştiği bulunmuştur. Ünsal (2007) Van'daki çalışmasında, nohut bitkisinin bin tane ağırlığının 549 g, bitki boyunun 33 cm, bitki tane veriminin 5 g ve tane sayısının 9 adet olduğunu bildirmiştir. Akay ve Önder (2004), Konya'da bitki boyunun 27.8-44.5 cm arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Kahraman (2017) Konya'da hümit asit uyguladığı nohut bitkisinde, 38.33-54.44 cm bitki boyu, 2.33-3.00 ana dal/bitki ve 417.23-449.90 g bin tane ağırlığı tespit etmiştir. Singh et al. (2012) gübreleme ile nohut bitkisinin bitki boyunu 49-63.6 cm, bitki dal sayısını 6.1-8.9 adet, 100 tane ağırlığını 12.2-14.3 g arasında tespit etmişlerdir. Koca (2019) çinkonun nohuta etkilerini araştırmış ve nodozite sayısının 3-7 adet arasında, bitki boyunun 25-31 cm, bitkide tane sayısının 10-17 adet, bitki biyolojik veriminin 8-15 g, bitki tane ağırlığının 4-8 g, 100 tane ağırlığının 22-44 g arasında olduğunu belirtmiştir. Eker (2019) Diyarbakır'da nohutta gübreleme sonucunda, bitkide nodul sayısını 81.6-113.7 adet arasında bulmuştur. Karayel vd. (2020) organik ve kimyasal gübre uyguladığı nohutta

(*Cicer arietinum* L., Sezenbey), biyolojik verimin, tane veriminin gübre dozlarından istatistiksel olarak etkilendiğini, bitki boyunun 54-61 cm, ana dal sayısının 3-4 adet, biyolojik verimin 43-62 g/bitki, 100 tane ağırlığının 51-54 g ve tane veriminin 12-19 g/bitki arasında olduğunu bulmuştur. Tahiri et al. (2016) ağaçsı bitkilere uyguladıkları leonardit kaynaklı humik materyallerin bitkilerin kök uzunluğunu ve kök dallanmasını arttırdığını gözlemlemiştir. Uçar (2020) Siirt'te leonarditin nohut (*Cicer arietinum* L., Azkan) etkilerini araştırmış, bitki boyu, bitkide tane sayısı, 100 tane ağırlığına olan etkilerini önemli olduğunu, bitki boyunun 51,0-57,5 cm, bitkide tane sayısının 33,2-37,9 adet/bitki, 100 tane ağırlığının 31,2-35,4 g arasında olduğunu bildirmiştir. Çalışmada 100 kg/da leonardit uygulamasının en yüksek değerleri verdiği ve dozların biraz daha miktarca artırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Bu deneme sonucunda bulunan leonardit materyallerinin bitkilerin gelişim, verim ve bazı fizyolojik parametreleri üzerine bulunan olumlu etkisi önceki pek çok araştırmacılar tarafından da değişik parametrelerce desteklenmiştir (Uçar 2020; Dias et al. 2020; Ertekin vd. 2020, Akimbekov et al. 2020; Aygün ve Mert 2020; Karayel vd. 2020; Dönder ve Toğay 2021; Chauhan et al. 2021; Majeed 2021; Fascella et al. 2021; Ayhan et al. 2021; Litardo et al. 2022).

SONUÇ

Organik materyaller, ekolojik dengeyi gözetken, toprakların verimliliğini sürdürülebilir kılan, bitkilerin daha doğal beslenmelerini sağlayan, doğadaki kaynakların doğru kullanımı ile verimi arttıran maddelerdir. Çalışmada kullanılan organik materyal Kahramanmaraş Afşin-Elbistan bölgesinde kömür madenlerinin civarında bulunan leonardit materyalidir. Bu materyalin nohut bitkisinin gelişimine, bazı bitki parametrelerine ve bitki besin elementlerinin içeriğine etkileri araştırılmıştır.

Tane verimi ve tane ağırlığı kriterleri açısından L1 uygulamasının en fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bitkinin yaş ağırlığında ve biyoması üzerine leonarditin etkilerine bakıldığında ise L3 uygulamasının en yüksek değerin elde edilmesinde rol oynadığı gözlenmiştir. Bu araştırma sonucunda leonarditin nohut bitkisinde verim, verim parametreleri ve bitki besin elementleri üzerine olumlu etkileri daha önceki değişik araştırmacılar tarafından da desteklenmiştir. Hem ülkemizin topraklarının organik maddesinin artırılmasında büyük öneme sahip olması açısından, hem de denemede kullanılan nohut bitkisinin gelişimine önemli katkıların olduğu tespit edilen leonardit materyalinin tarıma katkılarının devam etmesi oldukça önemli bir konudur. Leonarditin yaygın kullanımının değişik bitki ve ağaçlarda denenmesi gerekmekte olup, tarımsal üretimde önemli bir girdi olan kimyasal gübre miktarını azaltabilecek potansiyelinin olması da dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adani F, Genevini P, Zaccheo P, Zocchi G (1998) The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 21: 561-575.
- Adiloğlu A, Bellitürk K, Adiloğlu S, Solmaz Y (2018) The effect of increasing leonardit applications on dry matter yield and some nutrient elements contents of rye (*Secale cereale* L.) plant. *Eurasian Journal of Forest Science* 6 (1): 44-51.
- Aguirre E, Lemenager D, Bacaicoa E, Fuentes M, Baigorri R, Zamarreno AM, Garcia-Mina JM (2009) The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. *Plant Physiol. Biochem.* 47: 966-966.
- Akay A, Önder M (2004) Nohut çeşitlerinde çinkolu gübre uygulamasının verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım, Sanayi, Çevre, 11-13 Ekim 2004, 573-580, Tokat.

- Akça MO, Türkmen F, Taşkın MB, Soba MR, Öztürk HS (2015) Ankara Üniversitesi Kalecik Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 3(2): 54–63.
- Akinbekov N, Qiao X, Digel I, Abdieva G, Ualieva P, Zhubanova A (2020) The effect of leonardite-derived amendments on soil microbiome structure and potato yield. *Agriculture* 10(147): 1-17.
- Ali SS, Ali TS (2019) Assessment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth and yield component by application of local granular organic fertilizer, peat and inorganic fertilizer: Comparative study. *KJAR* 4(2): 2-19.
- Aydın H, Sepetoğlu H (1991) Nohutta ekim zamanının büyüme, verim ve verim öğeleri etkileri üzerinde araştırma. *E.Ü. Fen Bil. Enst. Dergisi* 2(1): 287-292.
- Aygün YZ, Mert M (2020) Toprak düzenleyicileri ve azot uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve lif teknolojik özelliklere etkisi. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 13(3), 290-297.
- Ayhan M, Kızılgöçü F, Iqbal MA (2021) Fertilisation source and dose optimisation boost yield of durum wheat in mediterranean climatic conditions. *Journal of Applied Life Sciences and Environment* Vol. LIV (2-186): 225-240.
- Azcona I, Pascual I, Aguirreolea J, Fuentes M, Gracia-Mina JM, SanchezDiaz M (2011) Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 174: 916-924.
- Babagil GE (2010) Muş ekolojik koşullarında bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 7(3): 181.
- Boughton PL (1972) Humic acid complexes from naturally oxidized lignite: Their genesis, chemistry and utilization. *Proceedings, Eighth Forum on Geology of Industrial Minerals, Iowa*, p.153.
- Bozoglu H, Ozcelik H, Mut Z, Peksen E (2007) Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to zinc and molybdenum fertilization. *Bangladesh Journal of Botany* 36: 145-149.
- Bryan HH (1976) Response of tomatoes to seed and seedling applications of humates and alpha-keto acids. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 89: 87–90.
- Chauhan A, Roy D, Singh P (2021) Chickpea: The King of Pulse Crop, Chapter 10, pp. 169-193. In Book: *Advances in Genetics and Plant Breeding* (Ed.: Saidaiah P), AkiNik Publications, New Delhi, India.
- Cieschi MT, Polyakov AY, Lebedev VA, Volkov DS, Pankratov DA, Veligzhanin AA (2019) Eco-friendly iron-humic nanofertilizers synthesis for the prevention of iron chlorosis in soybean (*Glycine max*) grown in calcareous soil. *Frontiers in Plant Science* 10: 413.
- Conservan G B, Pizzeghello D, Francioso O, Di Foggia M, Nardi S, Carletti P (2017) Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. *Plant and soil* 420(1): 119-134.
- Çakır S (2005) Eskişehir *Cicer arietinum* L. çeşitinin morfolojik, fizyolojik ve teknolojik özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi. Uludağ Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 115 s.
- Çankaya CÇ, Türk B, Topsakal Ö, Uysal G, Bayramoğlu A, Demirel T (2017) Leonardit uygulamasının kiraz meyvesinde hasat sonrası dayanımına etkilerinin araştırılması. *Meyve Bilimi, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi* 1: 122-128.
- Çeler E (2013) Çıplak köklü sarıçam ve karaçam fidanı morfolojik kalite özelliklerine leonarditin etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu*, s. 198.
- David J, Šmejkalová D, Hudecová S, Zmeškal O, von Wandruszka R, Gregor T, Kučerik J (2014) The physicochemical properties and biostimulative activities of humic substances regenerated from lignite.

Springerplus 3: 156.

- Demir M, Noyan FO, Oğuz İ (2012) Leonardit kullanımı ile birlikte azaltılmış azotlu gübre uygulamalarının bitki verim ve toprak özellikleri üzerine etkileri. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi 1.
- Demirekin H (2014) Hakkâri-Çukurca yöresi topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Isparta.
- Demirkiran AR, Cengiz MC (2010) Effects of different organic materials and chemical fertilizers on nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) in organic arboriculture. African Journal of Biotechnology 9: 6320-6328.
- Dias DDN, Sousa KDSMD, Lima AMN, Cavalcante ÍHL, Santos LPAD, Cunha JC (2020) Nutritional status, production and fruit quality of west indian cherry fertigated with nitrogen and humic substance. Revista Brasileira de Fruticultura 42.
- Dilk S (2002) Agronomic evaluation of leonardite on yield and chemical composition of canola and wheat. Masters thesis. Winnipeg: University of Manitoba, p. 57.
- Diñç E (2014) Sater (*Satureja hortensis* L.) bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkileri. (Yükseklisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Dönder E, Toğay Y (2021) The effect of humic acid and potassium applications on the yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). ISPEC Journal of Agr. Sciences 5(3): 568-574.
- Dudley J, Pertuit Jr A, Toler JE (2004) Leonardite influences Zinnia and Marigold growth. Hort Science 39(2): 251-255.
- Duval JR, Dainello FJ, Haby VA, Earhart DR (1998) Evaluating leonardite as a crop growth enhancer for turnip and mustard greens. HortTechnology 8(4): 564-567.
- Eady N (2012) The use of humic substances – Leonardite as a soil amandment. Mining and Petroleum Environment Reserch Group (MPERG) Report 2012-2.
- Ece A, Saltali K, Eryiğit N, Uysal F (2007) The effect of leonardite applications on climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and some soil properties. Journal of Agronomy 6(3): 480-483.
- Eker S (2019) Bazı nohut çeşitlerinde farklı gübre uygulamalarının verim ve verim unsurlarına etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Ergönül S (2011) Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerine uygulanan humik asit ve leonardit'in verim, verim öğeleri üzerine etkileri. (Yükseklisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Ertani A, Francioso O, Tugnoli V, Righi V, Nardi S (2011) Effect of commercial lignosulfonate-humate on *Zea mays* L. metabolism. J. Agric. Food Chem. 59: 11940–11948.
- Ertani A, Nardi S, Francioso O, Pizzeghello D, Tinti A, Schiavon M. (2019) Metabolite-targeted analysis and physiological traits of *Zea mays* L. in response to application of a leonardite-humate and lignosulfonate-based products for their evaluation as potential biostimulants. Agronomy 9(8): 445.
- Ertekin İ, Atış İ, Yılmaz Ş (2020) Bazı fiğ türlerinin yem verim ve kalitesi üzerine farklı organik gübrelerin etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 25(2): 243-255.
- FAO (1990) Guidelines for soil description. 3rd revised ed. FAO & ISRIC, Rome.
- FAO (2020) Food and agriculture data. Erişim adresi. <http://www.fao.org/faostat/en>
- Fascella G, Montoneri E, Roupheal Y (2021) Biowaste-derived humic-like substances improve growth and quality of orange jasmine (*Murraya paniculata* L. Jacq.) plants in soilless potted culture. Resources 10(8): 80.
- Fidancı S (2015) Tekirdağ ili Malkara ve Süleymanpaşa ilçelerindeki bazı köylerin toprak verimliliklerinin

belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ.

- Filcheva E, Ilieva R, Chakalov K, Popova T, Savov V, Hristova M, (2017) Characterization of humic system in fertilizer raw materials. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 7(1): 11-17.
- Gülümser A, Bozoğlu H, Pekşen E (2013) Araştırma Deneme Metotları. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:48, 3. Baskı, 264.
- Gürsoy M (2016) Ankara koşullarında yazlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.)'nın kantitatif ve kalitatif özelliklerine leonarditli ortamda farklı humik asit dozlarının etkileri. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Helmke PA, Sparks DL (1996) Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods* 5: 551-574.
- Holatko J, Hammerschmiedt T, Datta R, Baltazar T, Kintl A, Latal O, Pecina V, Sarec P, Novak P, Balakova L, Danish S, Zafar-ul-Hye M, Fahad S, Brtnicky M (2020) Humic acid mitigates the negative effects of high rates of biochar application on microbial activity. *Sustainability* 12(22): 9524.
- Iakimenko OS (2005) Commercial humates from coal and their influence on soil properties and initial plant development. *NATO Science Series: IV. Earth and Environmental Sciences* p.365.
- İmamoğlu S (2019) Farklı leonardit uygulamalarının fasulyede verim ve kalite üzerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Jat RS, Ahlawat IPS (2004) Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 74(7): 359-361.
- Kacar B, Katkat AV (2010) Bitki Besleme. Nobel Yayınları, Yayın No: 849, 5. Baskı, Ankara.
- Kahraman A (2017) Effect of humic acid applications on the yield components in chickpea. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University* 34(1): 218-222.
- Karaağaç HA, Baran MF, Mart D, Bolat A, Eren Ö (2019) Nohut üretiminde enerji kullanım etkinliği ve sera gazı (GHG) emisyonunun belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (16): 41-50.
- Karagöktaş M (2012) Afşin-Elbistan Termik Santrali'nin çevreye olan olası etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Başkanlığı, Kahramanmaraş.
- Karaman MR, Turan M, Gebologlu N, Tutar A, Dizman M, Şahin S (2013) Evaluation of boron-humate composites as a potential organic boron fertilizer. *Soil-Water Journal* 2 (1): 663-670.
- Karayel R, Uzun A, Bozoğlu H (2020) Nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim ve kalitesine ahır gübre dozlarının etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7 (Özel Sayı): 279-288.
- Keten M, Tanrıverdi Ç, (2020) Effect of the leonardite dose applied at different rates on the water-yield relationship of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) plants. *ISPEC Journal of Agr. Sciences* 4(4): 823-833.
- Kiyas Ü (2020) Farklı leonardit ve tuz seviyelerinin fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) fide gelişimi üzerine etkisi. (Master thesis), Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Koca MA (2019) Çinko uygulamasının nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tane çinko içeriğinin zenginleştirilmesi ve verim öğelerine etkisi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kolay B, Gürsoy S, Avşar Ö, Bayram N, Öztürkmen AR, Aydemir S, Aktaş H (2016) Toprağa farklı

miktarlarda uygulanan leonarditin buğday bitkisinin verim, verim ögeleri ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5(3): 93-98.

- Kołodziej B, Sugier D, Bielińska E (2013) The effect of leonardite application and various plantation modalities on yielding and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) and soil enzymatic activity. Journal of Geochemical Exploration 129: 64-69.
- Kulaz H, Çiftçi V. (1999) Van koşullarında bitki sıklığının nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta verim ve verim ögelerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(Ek sayı 3): 599-601.
- Litardo RCM, Bendezu SJ, Zenteno MDC, Perez-Almeida IB, Parismoreno LL, Garcia EDL (2022) Effect of mineral and organic amendments on rice growth and yield in saline soils. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 21(1): 29-37.
- Mahawar AK (2013) Effect of phosphorus levels and biofertilizers on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.). Master Thesis, Swami Keshwanand Rajasthan Agricultural University, Bikaner S.K.N. College of Agriculture, Jobner.
- Majeed AJ (2021) Cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth and nutrient content response to applications of leonardite and phosphorus fertilizer. Agricultural Science, October: 1-12, <http://agris.cience.scientific-work.org/index.php/agriscience>.
- McLean EO (1982). Soil pH and lime requirement. In Page AL, Miller RH, and Keeney DR, Eds., Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy 9. SSSA, Madison, WI, pp. 199–224.
- Mir H, Asilan KS, Daneshvar M, Mansorifar S (2014) The effects of chemical phosphorous and bio super phosphate bio fertilizer on qualitative and quantitative of the chick pea varieties in the dryland condition. Spectrum: a Journal of Multidisciplinary Research 3(9): 235-248 (Special Issue on Multidisciplinary Studies).
- Mostafa AAA, Akın A (2017) İtalia üzüm çeşidinde farklı dozlarda hümik madde uygulamasının verim ve kalite üzerine etkileri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 5(2): 73-78.
- Müderrişzade HÖ (1996) İri ve orta taneli nohutlarda büyüme verim ve verim ögeleri ile bunlar arasındaki ilişkiler. MSc Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, Ege University, İzmir, Türkiye
- Nazlı RI, Kusvuran A, Tansi V (2014a) Effects of different organic materials on forage production from sorghum x sudangrass hybrid (*Sorghum bicolor* x *sorghum bicolor* var. *sudanense*). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(Özel Sayı-2): 2075-2082.
- Nazlı RI, Kusvuran A, Inal I, Demirbas A, Tansi V (2014b) Effects of different organic materials on forage yield and quality of silage maize (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 38: 23-31.
- Nelson DW, Sommers LE (1982) Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page et al. Eds., Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd edn. American Society of Agronomy, Soil Science Society America, Madison, WI, pp. 539–579.
- Oğuz İ, Noyan ÖF, Karaman MR, Koçyiğit R, Özen M (2012) Jalapeno biber tarımında farklı organik ve inorganik materyallerin toprak özellikleri ve ürün verimi üzerine etkilerinin araştırılması. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi 1: 393-403.
- Olivella M, Sole M, Gorchs R, Lao C, de las Heras FXC (2011) Geochemical characterization of a spanish leonardite coal. Arch. Min. Sci. 56: 789–804.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No. 939, Washington, DC, US.
- Otieno PE, Muthomi JW, Chemining'wa GN, Nderitu JH (2009) Effect of rhizobia inoculation, farm yard manure and nitrogen fertilizer on nodulation and yield of food grain legumes. Journal of Biological Sciences 9(4): 326-332.

- Öktem A, Nacar A, Öktem A (2017) Sıvı olarak toprağa uygulanan hümik asit miktarlarının kırmızı mercimek bitkisinde (*Lens culinaris* Medic.) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 26: 119-124.
- Öner Şİ (2014) Kars-Selim ilçesi tarım topraklarının verimlilik durumunun toprak analizleriyle değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Besleme Bilim Dalı, Erzurum.
- Özel EZ (2011) İki farklı tekstüre sahip toprakta leonardit organik metaryalinin mısır bitkisinin azot alımına etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Öztürk E (2010) Organik mısır yetiştiriciliğinde farklı leonardit miktarlarının verim ve verim unsurlarına etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Peech M (1965) Hydrogen-ion activity. In Black CA et al., Eds., Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 914–926.
- Pertuit AJ, Dudley JB, Toler JE (2001) Leonardite and fertilizer levels influence tomato seedling growth. HortScience 36(5): 913-915.
- Qian S, Ding WM, Li YC, Liu GD, Sun JA, Ding QS (2015) Characterization of humic acids derived from leonardite using a solid-state NMR spectroscopy and effects of humic acids on growth and nutrient uptake of snap bean. Chem. Speciation Bioavail. 27: 156–161.
- Rashid K, Akhtar M, Cheema KL, Rasool I, Zahid MA, Hussain A, Khalid MJ (2021) Identification of operative dose of NPK on yield enhancement of Desi and Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in diverse milieu. Saudi Journal of Biological Sciences 28(1): 1063-1068.
- Ratanaprommanee C, Chinachanta K, Chaiwan F (2017) Chemical characterization of leonardite and its potential use as soil conditioner and plant growth enhancement. Asia Pac. J. Sci. Technol. 22(4): 1–10.
- Ratanaprommanee C, Shutsrirung A (2014) Chemical properties and potential use in agriculture of leonardite from different sources in Thailand. pp. 1236-1246. In: Proceedings of the 5th National and International Hatyai Conference. May 16, 2014. Hatyai University, Hat Yai, Songkhla.
- Rauthan BS, Schnitzer M (1981) Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. Plant and Soil 63: 491–495.
- Reynolds AG, Wardle DA, Drought B, Cantwell R (1995) Gro-Mate soil amendment improves growth of greenhouse-grown ‘Chardonnay’ grapevines. HortScience 30: 539–542.
- Rhoades JD (1990) Determining soil salinity from measurements of electrical conductivity. Commun. Soil Sci. Plant anal. 21: 1887-1926.
- Saadati J, Baghi M (2014) Evaluation of the effect of various amounts of Humic acid on yield, yield components and protein of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Int. J. Adv. Biol. Biom. Res. 2(7): 2306-2313.
- Sanlı A, Karadoğan T, Tonguç M (2013) Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Turkish Journal of FieldCrops 18(1): 20-26.
- Saxena MC, Singh KB (1985) The chickpea. (Chapter 7: Genetics of Chickpea, Muehlbauer, F. J. and Singh, K.B.) C. A.B. Inter. Cent. Sales, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.
- Seker C, Ersoy I (2005) Effects of different organic manures and leonardite on soil properties and growing of maize plant (*Zea mays* L.). Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences 19(35): 46-50.
- Sesveren S, Tas B (2018) Farklı leonardit düzeylerinin kıvırcık yaprak salatada (*Lactuca sativa* var. *crispa*) su tüketimi ve bazı gelişim parametreleri üzerine etkisi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 6(4): 421-426.

- Seyedbagheri M, Torell JM (2001) Effects of humic acids and nitrogen mineralization on crop production in field trials: Humic substances: structures, models and functions: Proceedings of the Fifth Humic Substances, Boston, Massachusetts, USA, 21-23 March 2001, pp.355-359.
- Shahryari R, Khayatnezhad M, Bahari N (2011) Effect of two humic fertilizers on germination and seedling growth of maize genotypes. *Advances in Environmental Biology* 114-118.
- Singh V, Chauhan Y, Dalal R, Schmict S (2021) Chickpea, Chapter 9, in Book: *The Beans and Peas*, Elsevier, pp. 173-214.
- Singh G, Sekhon HS, Harpreet K (2012) Effect of farmyard manure, vermicompost and chemical nutrients on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Agricultural Research* 7(2): 93-99.
- Singkham J, Ditthakit P (2019) Effect of modified leonardite on growth and fruit yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Advanced Agricultural Technologies* Vol. 6(4): 272-275.
- Soba MR, Türkmen F, Taşkın MB, Akça MO, Öztürk HS (2015) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Su Dergisi* 4(1): 7-17.
- Sugier D, Kolodziej B, Bielinska E (2013) The effect of leonardite application on *Arnica montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. *J Geochem Explor.* 129: 76–81.
- Sun Q, Ding W, Yang Y, Sun J, Ding Q (2016) Humic acids derived from leonardite-affected growth and nutrient uptake of corn seedlings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47(10): 1275-1282.
- Tahiri A, Destain J, Thonart P, Druart P (2015) In vitromodel to study the biological properties of humic fractions from landfill leachate and leonardite during root elongation of *Alnus glutinosa* L. Gaertn and *Betula Pendula* Roth. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 122: 739–749.
- Tahiri A, Destain J, Thonart P, Ongena M, Druart P (2016) Comparison of explant responses treated with leachate and leonardite sources of humic substances during in vitro rooting of woody plants. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 81(1): 158-165.
- Tamer N, Başalma D, Türkmen C, Namlı A (2016) Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 4(1): 11-20.
- Tan KH, Nopamornbodi V (1979) Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays* L.). *Plant and Soil* 51: 283–287.
- Toğay N, Toğay Y, Erman M, Doğan Y, Çığ F (2005) Kuru ve sulu koşullarda farklı bitki sıklıklarının bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 11(4): 417-42.
- Topcuoglu B, Onal MK (2006) The effects of leonardite application on yield, quality and mineral contents of tomato plant in greenhouse conditions. III. *Organic Farming Symposium, Yalova.*
- Türk Z (2001) Farklı bor+çinko (BZn) dozlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)’un verim ve verim öğelerine etkisi üzerine bir araştırma. *Türkiye 5. Tohumculuk Kongresi, 19-23 Ekim 2014, sh. 385-389, Diyarbakır.*
- TÜİK (2020) Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
- Uçar Ö, (2019) Nohut yetiştiriciliğinde organik madde içeren gübrelerin önemi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 116-127.
- Uçar Ö (2020) Farklı sıra arası mesafeleri, tavuk gübresi dozları ve tohum ön uygulamalarının nohut (*Cicer arietinum* L.)’un verim, verim öğeleri ve nodülasyonu üzerine etkileri. (Doktora Tezi), Siirt Üniversitesi,

Siirt.

- Uzun A, Özçelik H, Yılmaz S (2012) Seçilmiş bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) hatlarının agronomik ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi. Akademik Ziraat Dergisi 1(1): 29-36.
- Ünsal, H. 2007. Alkalin topraklarda humik asit ve çinko uygulamalarının iki farklı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinde verim ve N, P, K içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ünsal H, Tüfenkçi Ş, Kılıç ÖG (2008) Alkalin topraklarda humik asit ve çinko uygulamalarının iki farklı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinin tane ve gövdesindeki bazı besin element içeriklerine etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, s. 465-475, 8-10 Ekim 2008, Konya.
- Wadas, W., & Dziugiel, T. (2020). Quality of new potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in response to plant biostimulants application. *Agriculture*, 10(7), 265.
- Wallaca A, Wallaca GA (1986) Additive and synergistic effects on plant growth from polymers and organic matter applied to soil simultaneously. *Soil Sci.* 141: 334-342.
- Yağanoğlu E (2016) Erzurum ili Hınıs ilçesinde farklı bitkilerin yetiştirildiği toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Besleme Bilim Dalı, Erzurum.
- Yıldız KY, Demirel T, Gürbüz Kılıç Ö (2019) Farklı dozda uygulanan leonardit ile vermikompostun ıspanakta verim ve bazı kalite kriterlerine etkisi. *Turan-Sam Dergisi* 11(43): 468-481.
- Yılmaz CH (2020) Kahramanmaraş ili tarım alanlarında toprak verimlilik haritalarının oluşturulması ve yarıyıllık besin elementlerinin ekstraksiyonunda geleneksel ve çoklu elementel analiz yöntemlerinin karşılaştırılması. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Yolcu H, Seker H, Gullap MK, Lithourgidis A, Gunes A (2011) Application of cattle manure, zeolite and leonardite improves hay yield and quality of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under semiarid conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5(8): 926-931.
- Zengin, G. (2013). Effective removal of zinc from an aqueous solution using Turkish leonardite–clinoptilolite mixture as a sorbent. *Environmental earth sciences*, 70(7), 3031-3041.

Türkiye'nin Yeni Yüzyılında Tarım Alet-Makina Parkı ve Mekanizasyon Düzeyi

Sefa ALTIKAT^{1*}



¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye

Sorumlu Yazar

¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye

Email:

sefa.altikat@igdir.edu.tr

Özet

Bu araştırmada Türkiye genelinde tarım alet ve makina parkındaki değişimler 2004-2022 yılları arasında incelenmiş ve 2022 yılı itibarıyla Türkiye'nin tarımsal mekanizasyon değerleri belirlenmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'na ait verilerin kullanıldığı araştırmada; toprak işleme alet ve makinaları, ekim-dikim ve gübreleme makinaları, bitki koruma makinaları ve hasat harman makinalarının yıllar içindeki değişimleri dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda; toprak işleme makinaları arasında kulaklı pulluk, kültivatör ve diskli pulluk sayılarının diğer makinalardan daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bu sonuçtan hareketle ülke genelinde geleneksel toprak işlemenin halen yaygın bir şekilde kullanıldığı kanısına varılmıştır. Yapılan incelemelerde Türkiye'de kimyevi gübre dağıtma makinaları yoğun bir şekilde kullanıldığı belirlenmiştir. Ekim ve dikim makinaları arasında ilk sırada hububat ekim makinaları yer alırken bu makinaı universal ekim makinası ve pnömatik makinası takip etmektedir. Bitki koruma makinaları arasında sırt pülverizatörleri geniş bir kullanım oranına sahiptir. Sırt pülverizatöründen sonra kuyruk milinden hareketli pülverizatör ve motorlu pülverizatör ülke genelinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hasat makinaları varlığı incelendiğinde harman makinalarının sayısı diğerlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Türkiye'de dört tekerlekli traktörler arasında en fazla 38-53 kW grubundaki traktörler tercih edilmektedir. Bu verilere ilaveten Türkiye'nin 2022 yılı itibarıyla birim alana düşen traktör gücü 0.068 kW/ha olarak belirlenmiştir. Bin hektar alana düşen traktör sayısı 68.05 (adet/1000 ha), bir traktör başına düşen ekili alan 14.70 (ha/traktör) ve ortalama traktör gücü ise 36.12 kW olduğu sonucuna varılmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin 2004 yılından 2022 yılına kadar geçen süre içerisinde traktör başına düzen ekili alan değerlerinin haricindeki tüm mekanizasyon kriterlerinde artış belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Mekanizasyon, toprak işleme, hasat, bitki koruma, traktör, güç

Agricultural Equipment-Machinery Park and Mechanization Level in Turkey's New Century

Abstract

In this research, changes in the agricultural equipment and machinery park across Turkey were examined between 2004 and 2022, and Turkey's agricultural mechanization values were determined as of 2022. In the research using data from the Turkish Statistical Institute; the changes of soil cultivation tools and machines, sowing-planting and fertilizing machines, plant protection machines and harvest threshing machines over the years were taken into account. As a result of the research, it is noteworthy that the number of moldboard plows, cultivators and disc plows among the tillage machines is higher than other tillage machines. Based on this result, it was concluded that conventional tillage is still widely used throughout the country. Chemical fertilizer distribution machines are used extensively throughout the country. While grain-sowing machines take the first place among sowing and planting machines, this machine is followed by universal sowing machines and pneumatic sowing machines. Back sprayers have a wide usage rate among plant protection machines. The back sprayer is followed by field sprayer and motorized sprayer. When the presence of harvesting machines was examined, it was determined that the number of threshing machines was more than the others. Among the four-wheel tractors in Turkey, tractors in the 38-53 kW group are most preferred. In addition to these data, Turkey's tractor power per unit area has been determined as 0.068 kW/ha as of 2022. It was concluded that the number of tractors per thousand hectares was 68.05 (units/1000 ha), the cultivated area per tractor was 14.70 (ha/tractor) and the average tractor power was 36.12 kW. Agricultural mechanization level has been determined to increase in all mechanization criteria except the cultivated area per tractor values in the period from 2004 to 2022.

Key words: Mechanization, tillage, harvesting, plant protection, tractor, power

GİRİŞ

Tarım, Türkiye ekonomisinin temel yapı taşlarından biri olup ülkenin sosyo-ekonomik yapısını önemli ölçüde etkilemektedir. Gelişmiş tarımsal üretim tekniklerinin ve mekanizasyonun benimsenmesi, verimliliği artırma ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleme açısından oldukça önemlidir. Tarımsal mekanizasyon, tarım üretiminde insan emeğini azaltarak verimliliği artıran mekanik araçların tasarımı, yapımı, geliştirilmesi, uygulanması, pazarlanması, işletilmesi, bakımı ve onarımı gibi çeşitli hizmetleri kapsamaktadır (Koçtürk ve Avcıoğlu 2004, Zeren ve ark., 1995). Tarımsal üretimde makina kullanımı, iş yükünü hafifletmekle kalmaz, aynı zamanda tarımsal verimliliği ve karlılığı da artırır. Bununla birlikte ülkenin tarımsal mekanizasyon seviyesi, her bölgenin teknik ve ekonomik özelliklerine göre farklılık gösterebilir (Koçtürk ve Avcıoğlu, 2004).

Tarımsal mekanizasyon çalışmaları bölgesel ve ülke bazında belirli periyotlarla yapılmaktadır. Bu çalışmalarda temel amaç, mekanizasyon düzeyinin yıllar içindeki değişimlerini incelemenin yanı sıra, üreticilerin güncel teknolojiyi ve sürdürülebilir tarımsal üretim yöntemlerini benimseme durumları hakkında bilgi sahibi olmaktır. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi sırasında, genellikle traktör sayısı ve ekili alan büyüklüğü gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Ancak; toprak işleme, ekim - dikim ve gübreleme makinaları; bitki koruma ve hasat harman makinaları gibi tarımsal ekipmanların varlığı ve bunların yıllar içindeki değişimlerinin incelenmesi de üretim yöntemlerinin gelişim trendlerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada 2004 - 2022 yılları arasında Türkiye genelinde önemli bazı tarım alet ve makinalarının sayısal ve oransal değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, 2022 yılına ait traktör sayıları ve güç grupları ile toplam ekili alan verileri dikkate alınarak ülkenin mekanizasyon düzeyi belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada kullanılan ana materyal, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2004-2022 yılına ait verileridir. Bu veriler, işlenen alan ve traktör sayısını kapsamanın yanı sıra, toprak işleme, ekim-dikim ve gübreleme makinaları, bitki koruma makinaları, hasat ve harman makinaları gibi çeşitli önemli tarımsal alet ve makinaların varlığını da içermektedir.

Yöntem

Türkiye'de mekanizasyon düzeyini belirlemek için, birim alana düşen traktör gücü (kW/ha), 1000 hektar işlenen alan başına düşen traktör sayısı (adet/1000 ha) ve her bir traktöre düşen toplam alan (ha/traktör) gibi kriterler kullanılmıştır (Erkmen ve Çelik, 1992; Altıkaynak ve Çelik, 2009; Altıkaynak ve Çelik, 2011). Bu kriterlerin hesaplanmasında toplam işlenen alan, traktör sayısı ve ortalama traktör gücü gibi değerler dikkate alınmıştır. Ancak, çalışmada traktör sayısı ve güç büyüklüğünün belirlenmesinde, tek akışlı traktörler dikkate alınmamıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Toprak İşleme Alet ve Makinalarına İlişkin Sonuçlar

Türkiye genelinde tarım alet ve makina varlığının 2004 – 2022 yılları arasındaki değişimi Şekil 1'de verilmiştir.

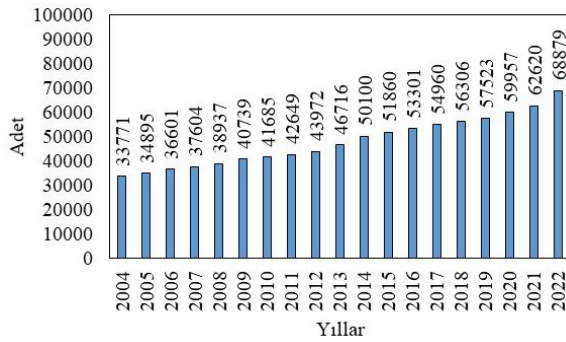
Şekil 1 incelendiğinde kulaklı pulluğun ülke genelinde tüm yıllarda yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Kulaklı pulluğu kültivatör ve dişli tırmık takip etmektedir. Verilerden de anlaşılacağı

gibi Türkiye genelinde yaygın olarak kullanılan toprak işleme ekipmanlarına göre hala geleneksel toprak işleme yöntemleri tercih edilmektedir.

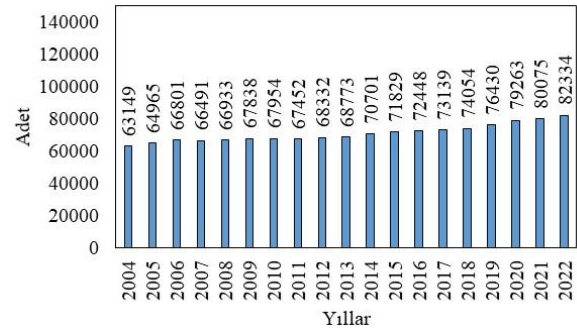
2022 yılının ait toprak işleme alet ve ekipmanlarının oransal dağılımları Şekil 2'de sunulmuştur. Türkiye'de 2022 yılı itibari toprak işleme ekipmanlarının %44'lük bölümünü kulaklı traktör pullukları oluşturmaktadır. Kulaklı pulluğu %23 ile kültivatör, %14 ile dişli tırmık ve %10 ile diskli tırmık takip etmektedir. Toprak işleme aletleri arasında en düşük değerler % 3 ile diskli pulluk ve toprak frezesi olmuştur.

Toprak frezeleri hem birinci hem de ikinci sınıf toprak işleme ekipmanlarıdır. Özellikle tek geçişte tohum yatağı hazırlama yetenekleri sayesinde enerji ve zamandan tasarruf sağlanmasının yanı sıra toprağı alt üst etmeden işlemeden dolayı toprak kalitesinin korunmasına ve atmosfere daha az CO₂ yayılımına neden olmaktadır (Botta ve ark., 2022; Gursoy ve ark., 2021). Toprak frezeleri her ne kadar çok sayıda avantaja sahip olsalar da ülke genelinde oransal miktarı düşük düzeydedir. Toprak frezelerinin diğer toprak işleme alet ve makinalarına göre daha pahalı olması ve üreticilerin azaltılmış toprak işleme uygulamalarından ziyade geleneksel toprak işleme uygulamasını tercih etmesi bu sonuca yol açmış olabilir (Aldaoseri ve Muhsin, 2022).

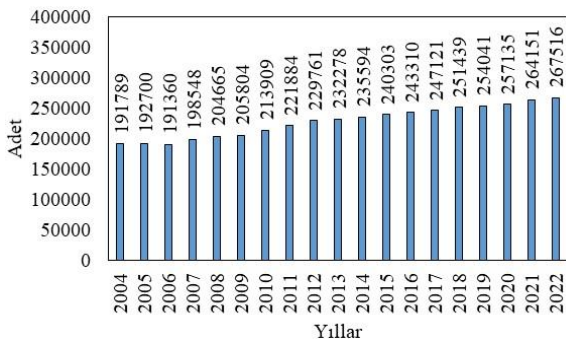
Diskli traktör pulluğu geleneksel toprak işleme yönteminde kullanılan bir pulluk olmasına rağmen ülke genelinde oransal varlığı diğer geleneksel toprak işleme aletlerine göre çok düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Diskli pulluğun daha az tercih edilme nedenleri arasında kulaklı pulluğa göre daha pahalı ve ağır olması sayılabilir. Buna ilaveten diskli pullukların kulaklı pulluklara göre ayarlanmasının daha zor olması ve daha fazla teknik bilgi gerektirmesi de daha az tercih edilme nedenleri arasında yer almaktadır.



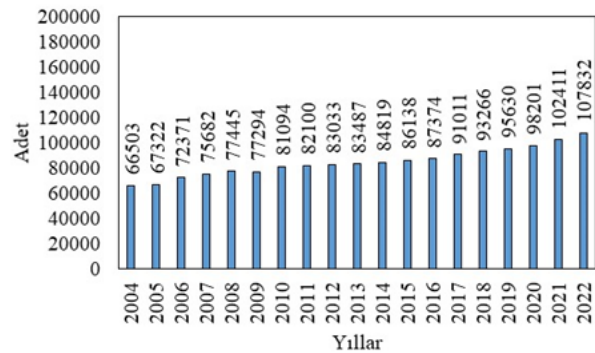
a) Toprak frezesi



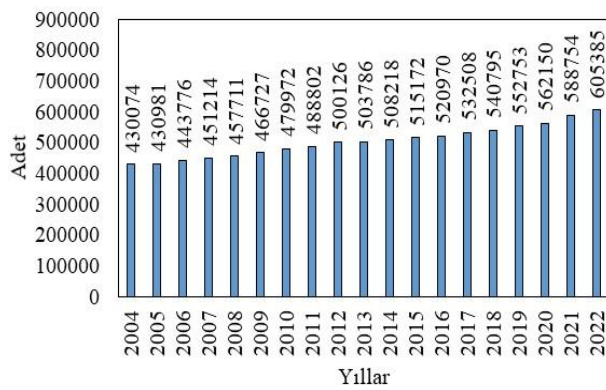
b) Diskli pulluk



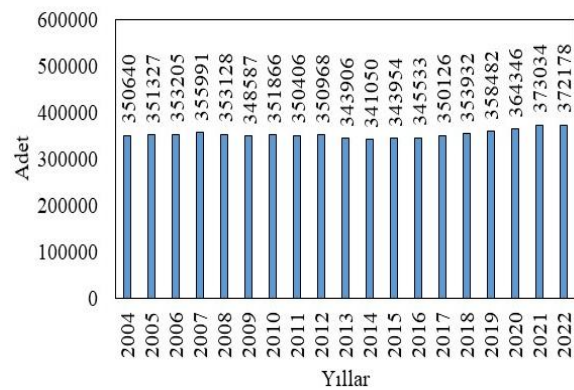
c) Diskli tırmık



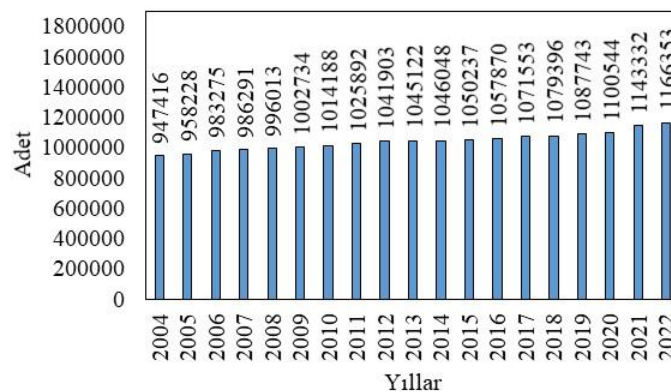
d) Merdane



e) Kültivatör

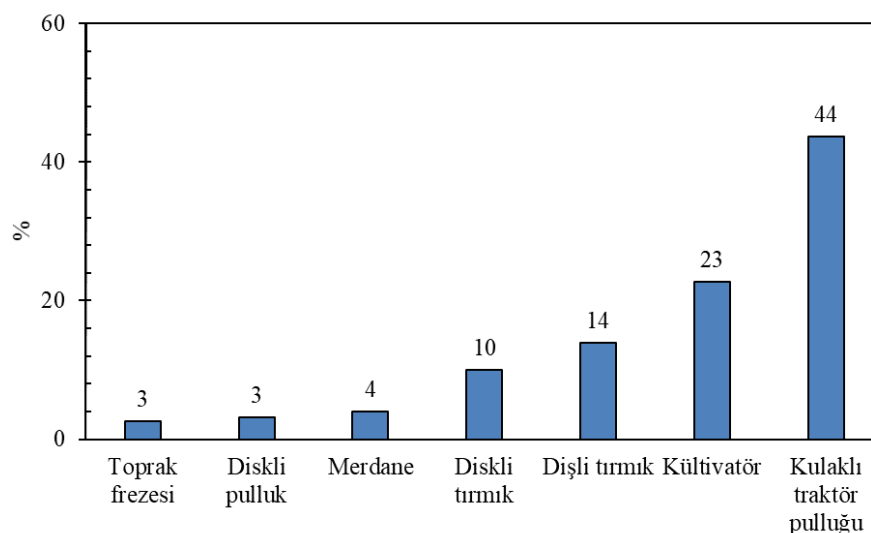


f) Dişli traktör



g) Kulaklı pulluk

Şekil 1. Türkiye genelinde 2004-2022 yılları arasındaki tarım alet ve makina varlığı
Figure 1. Presence of agricultural tools and machinery throughout Türkiye between 2004-2022



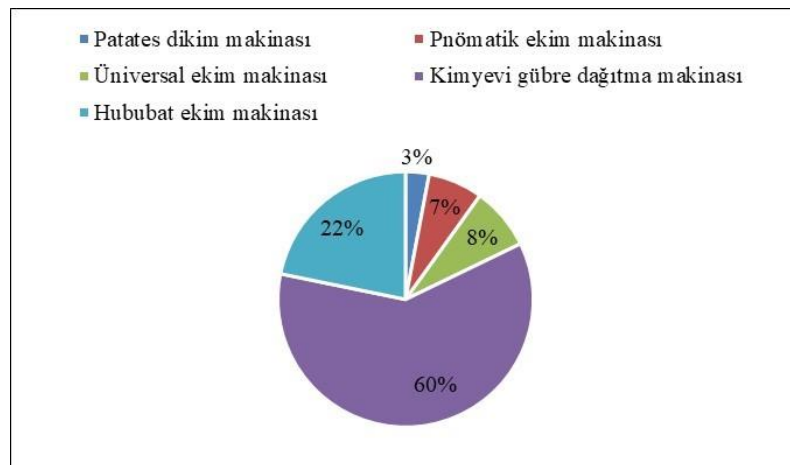
Şekil 2. Türkiye genelinde toprak işleme alet ve makinalarının oransal dağılımı (TUİK, 2022).

Figure 2. Proportional distribution of soil tillage equipment and machines throughout Turkey (TUİK, 2022).

Ekim-Dikim ve Gübreleme Makinalarına İlişkin Sonuçlar

Türkiye’de 2004-2022 yılları arasında bulunan bazı ekim-dikim ve gübreleme makinaları sayıları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde hububat ekim makinası, patates dikim makinası ve kimyevi gübre dağıtma makinalarının sayılarında yıllar bazında sürekli bir artış gözlemlenirken bu

eğilim üniversal ekim makinalarında belirlenmemiştir. Türkiye’de 2022 yılı verilerine göre ekim-dikim ve gübreleme makinalarının oransal dağılımları Şekil 3’de verilmiştir. Bu kategoride Türkiye genelinde kimyevi gübre dağıtma makinaları %60 ile birinci sırada yer almıştır. Ekim-dikim makinalarının 2022 yılındaki oransal dağılımlarına bakıldığında birinci sırada hububat ekim makinası yer alırken bunu üniversal ekim makinası ve pnömötik ekim makinası takip etmiştir.



Şekil 3. Ekim dikim ve gübreleme makinalarının oransal dağılımı (TUİK 2022)

Figure 3. Proportional distribution of sowing, planting and fertilizing machines (TUİK 2022)

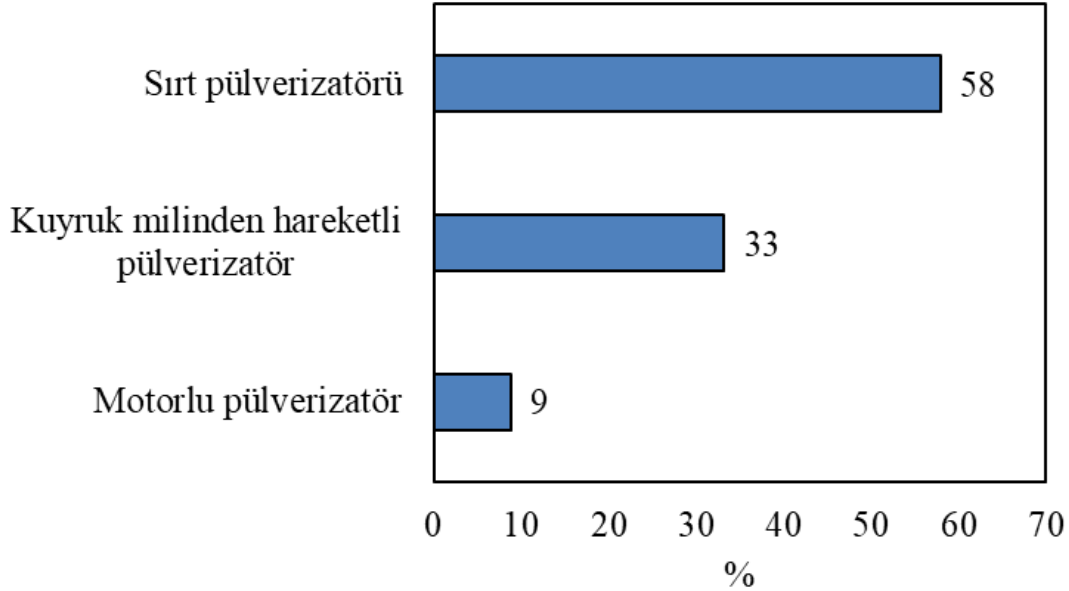
Çizelge 1. Ekim dikim ve gübreleme makinalarının yıllar bazındaki değişimi

Table 1. Change in sowing, planting and fertilizing machines over the years

Yıllar	Üniversal ekim makinası	Pnömötik ekim makinası	Patates dikim makinası	Kimyevi gübre dağıtma makinası	Hububat Ekim Makinası
2004	63073	20668	11875	320609	90171
2005	62982	18633	12217	326599	94588
2006	63392	19874	12761	334461	101776
2007	62979	22048	13183	339461	101633
2008	62892	22919	13632	346471	106533
2009	61634	23165	13698	354973	111049
2010	61487	25390	14006	366781	117276
2011	62015	27153	14413	371771	119889
2012	61702	29377	14970	385149	128675
2013	61922	30921	15152	389918	131471
2014	61337	32048	15421	392908	134786
2015	61353	34589	15769	399451	136846
2016	61018	35850	16087	408737	140329
2017	61660	39024	16717	419388	142258
2018	61509	40376	16993	428545	144927
2019	62026	41590	17139	434755	148953
2020	62868	45158	18194	442277	155326
2021	62752	48873	18413	458050	163119
2022	58422	52280	19343	470318	169516

Bitki Koruma Makinalarına İlişkin Sonuçlar

Araştırmada bitki koruma makinaları; sırt pülverizatörü, kuyruk milinden hareketli pülverizatör ve motorlu pülverizatör olmak üzere 3 kategoride değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde Türkiye genelinde bitki koruma makinalarında yıllar boyunca sürekli bir artış olduğu görülmektedir. Türkiye’de 2022 yılı verilerine göre mevcut bitki koruma makinaları arasında oransal anlamda en fazla sırt pülverizatörü bulunmaktadır. Sırt pülverizatörünü kuyruk milinden hareketli pülverizatör ve motorlu pülverizatör takip etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Bitki koruma makinalarının oransal dağılımı (TUİK, 2022).

Figure 4. Proportional distribution of plant protection machines (TUİK, 2022).

Sırt pülverizatörleri, özellikle maliyet açısından diğer pülverizatör çeşitlerine kıyasla daha ekonomiktirler (Mashongedza ve Beem, 2022). Başlangıç yatırım masrafları diğer pülverizatörlere göre daha düşük olduğundan, küçük ve orta ölçekli araziye sahip çiftçiler için idealdirler (Cavalariis ve ark., 2023). Ek olarak, bu pülverizatörlerin işletme giderleri, motor gücü veya elektrikle çalışan modellere göre daha azdır (Bolo ve ark., 2019). Sırt pülverizatörlerinin basit tasarımı ve hafifliğinden dolayı kullanımını oldukça kolaydır (Vargas ve ark., 2019). Dar ve engebeli arazilerde büyük tarım makinalarının kullanılması zor olabilir, ancak sırt pülverizatörleri bu tür zorlu alanlarda bile kolaylıkla kullanılabilir (Mashongedza ve Beem, 2022). Ayrıca, çiftçilerin eğitim düzeyi ve teknolojiye olan aşinalıkları daha karmaşık makinaları kullanmalarını sınırlandırabilir (Cavalariis ve ark., 2023). Türkiye'deki geniş tarım ürünleri yelpazesi, farklı türde pülverizatörlerin kullanılmasını gerektirebilir. Fakat sırt pülverizatörleri, birçok üründe kullanabilmeleri nedeniyle ülke genelinde tercih edilmektedir (Bolo ve ark., 2019).

Çizelge 2. Bitki koruma makinalarının yıllar bazındaki değişimi**Table 2.** Change in plant protection machines over the years

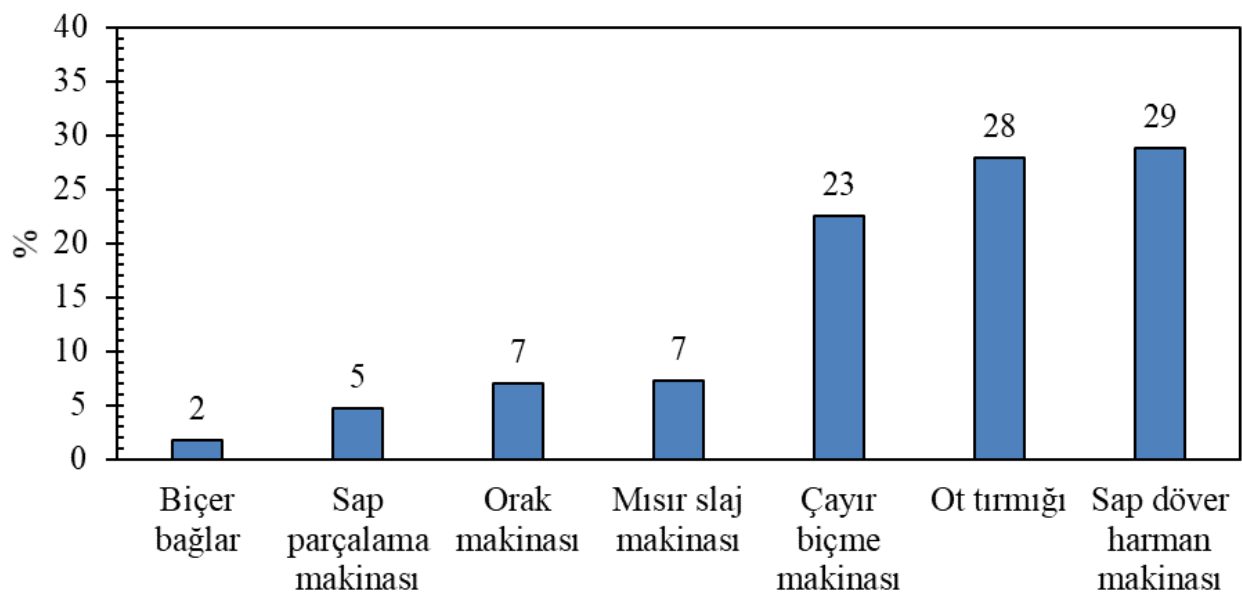
Yıllar	Sırt pülverizatörü	Kuyruk milinden hareketli pülverizatör	Motorlu pülverizatör
2004	580547	239126	72868
2005	582618	241753	72838
2006	586685	245311	73015
2007	587821	255582	71015
2008	590590	259475	72171
2009	588556	264421	72494
2010	591373	278761	73745
2011	597460	291505	75905
2012	606366	305295	78151
2013	612626	312651	80457
2014	623190	322174	84093
2015	628059	329768	85974
2016	633598	338625	87486
2017	641819	350272	90832
2018	647442	358407	95143
2019	656669	365171	96703
2020	668867	372512	99642
2021	686194	382820	102447
2022	695791	398381	105703

Hasat Harman Makinalarına İlişkin Sonuçlar

Araştırmada 2004-2022 yıllarına ait hasat-harman makinalarının sayısal değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; orak makinası ve sap döver harman makinasının haricindeki tüm hasat harman makinalarının sayılarında artış meydana gelmiştir. Her ne kadar sap döver ve harman makinası sayısı yıllar içinde azalsa da, 2022 yılı verilerine göre hasat harman makinaları içinde %29 pay ile en fazla sap döver ve harman makinası yer almaktadır. Bu makinayı %28 ile ot tırmığı ve %23 ile çayır biçme makinaları takip etmektedir (Şekil 5).

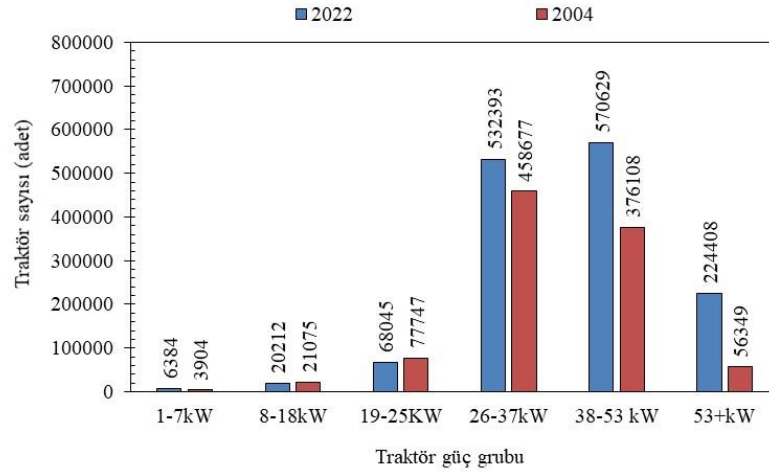
Çizelge 3. Hasat-harman makinalarının yıllar bazındaki değişimleri**Table 3. Changes in harvesting-threshing machines over the years**

Yıllar	Çayır biçme makinası	Ot tırmığı	Orak makinası	Bıçerbağlar	Sap döver harman makinası	Mısır silaj makinası	Sap parçalama makinası
2004	40684	64824	64489	4557	193930	7416	12876
2005	42690	68132	64549	4558	197017	8717	13571
2006	46213	68566	64972	4950	196346	9734	13881
2007	50669	70335	65977	5039	194847	11998	14933
2008	54072	101958	69430	6107	192440	14000	15075
2009	55762	98383	71415	6139	190856	15287	15243
2010	61248	99729	69411	6451	187978	16627	16685
2011	66193	101452	66768	6987	188153	18507	17288
2012	68579	103940	63092	7409	185327	19988	17968
2013	73314	106668	61954	8468	181320	21887	17889
2014	79115	110030	60645	8882	173555	24486	17864
2015	81480	113405	58271	9210	170836	25370	18239
2016	82899	115169	57234	9305	167581	26347	18533
2017	87233	115809	53972	9478	160121	27998	19014
2018	90020	119760	52172	9492	155600	29247	19241
2019	93143	122494	49632	9295	149687	30452	19545
2020	97617	123834	37661	7449	145023	31338	20041
2021	101841	131322	34535	7652	139257	32627	20752
2022	105702	130908	33118	8241	135329	34017	21951

**Şekil 5. Hasat-harman makinalarının oransal dağılımı (TUIK, 2022).****Figure 5. Proportional distribution of harvesting-threshing machines (TUIK, 2022).**

Mekanizasyon Düzeyine İlişkin Sonuçlar

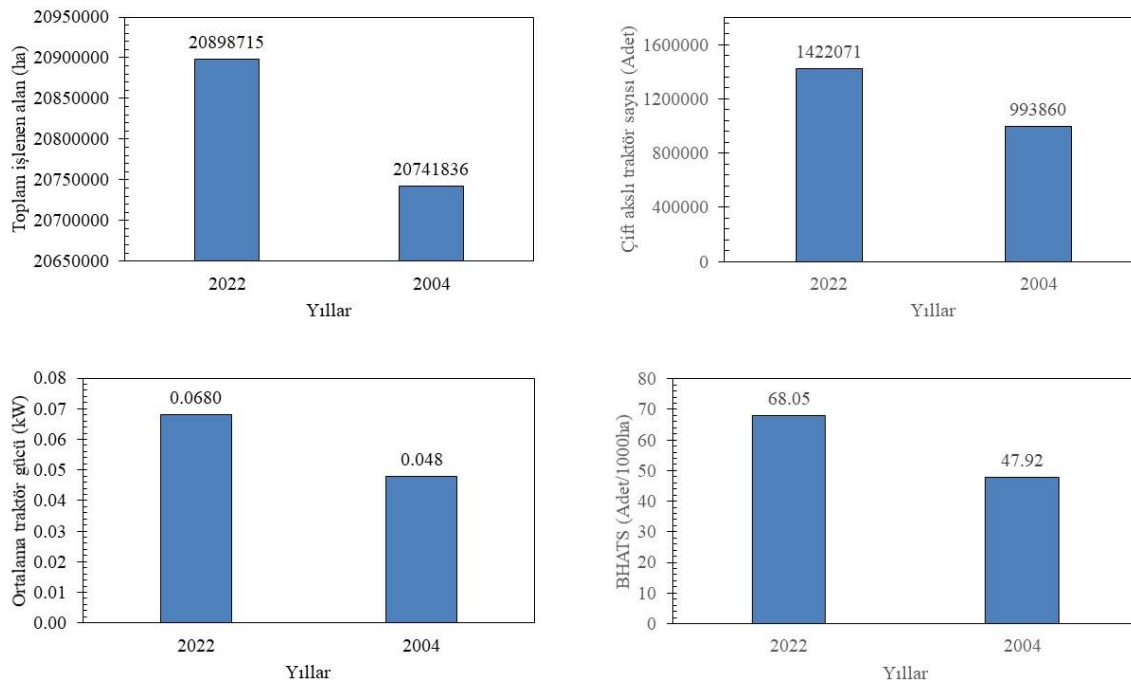
Ülke genelinde 2004 ve 2022 yılı verilerine göre çift akslı traktörlerin güç gruplarına göre dağılımları Şekil 6'da verilmiştir. Türkiye genelinde 2022 yılı verilerine göre en fazla traktör sayısı 570629 adet ile 38-53 kW güç gurubunda yer alan traktörlerden oluşmaktadır. Bu güç grubunu 26-37kW ve >53kW gücündeki traktörler takip etmiştir.

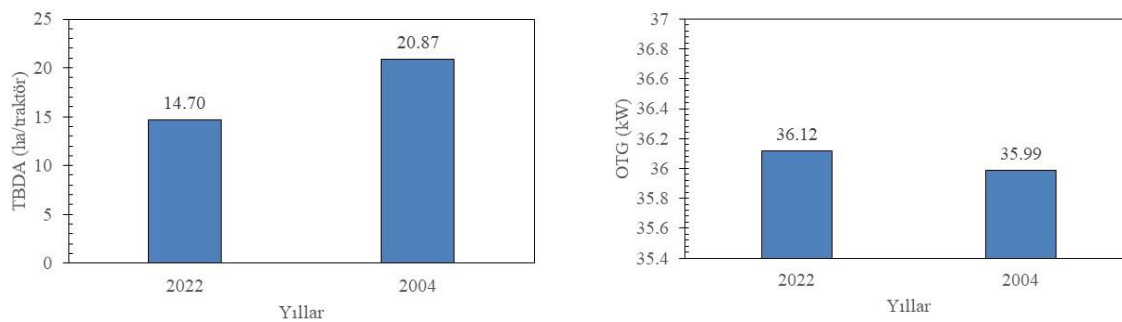


Şekil 6. Çift akslı traktör varlığının güç gruplarına göre dağılımı (TÜİK,2022).

Figure 6. Distribution of double-axle tractor availability according to power groups (TÜİK, 2004-2022).

Türkiye’de 2022 yılı verilerine göre toplam 20898715 ha işlenen alan bulunmaktadır. Buna ilaveten toplam dört tekerlekli traktör sayısı 1422071 adettir. Bu veriler dikkate alınarak 2022 yılı için birim alana düşen traktör gücü 0.0680 kW/ha olarak belirlenmiştir. Bin hektar alana düşen traktör sayısı 68.05 (adet/1000 ha), bir traktör başına düşen ekili alan ise 14.70 (ha/traktör) ve ortalama traktör gücü ise 36.12 kW olarak belirlenmiştir.





Şekil 7. Türkiye genelinde 2004-2022 yıllarına ait mekanizasyon düzeyine ilişkin sonuçlar
Figure 7. The results regarding the mechanization level across Turkey between 2004 and 2022

SONUÇLAR

Bu araştırmada ülke genelinde 2004-2022 yılları arasındaki tarım alet ve makina sayılarındaki değişimlerin yanı sıra 2004 ve 2022 yılına ait mekanizasyon düzeyi incelenmiş ve aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Toprak işleme alet ve makinalarındaki değişimler incelendiğinde; pulluk, kültivatör ve dişli tırmıklar en yaygın kullanılan toprak işleme ekipmanları olarak ön plana çıkmıştır. Özellikle, pulluklar 2022 yılında toprak işleme ekipmanlarının %44'lük bir bölümünü oluşturmuş, bunu %23 ile kültivatörler ve %14 ile dişli tırmıklar takip etmiştir.

Ekim-dikim ve gübreleme makinaları içinde, kimyasal gübre dağıtma makinaları kullanımı %78 ile en yaygın kullanılan makina olmuştur. Bu sonuca ilaveten hububat ekim makinalarının sayılarında yıllar bazında sürekli artış gözlenmiştir.

Bitki koruma makinaları kategorisinde, maliyet etkinliği ve kullanım kolaylığı sebebiyle sırt pülverizatörleri en büyük pazar payına sahip olmuştur.

Hasat ve harman makinaları varlığı incelendiğinde, sap döver ve harman makinaları dışında diğer tüm makinalarda bir artış meydana gelmiştir. Her ne kadar sap döver ve harman makinaları sayısı yıllar içinde azalsa da 2022 yılı itibariyle, %29 oranla en çok tercih edilen hasat harman makinaları arasında yer almıştır.

Mekanizasyon düzeyi analiz edildiğinde, 2022 yılı için birim alana düşen traktör gücü 0.068 kW/ha olarak belirlenmiştir. Bin hektar alana düşen traktör sayısı 68.05 (adet/1000 ha), bir traktör başına düşen ekili alan ise 14.70 (ha/traktör) ve ortalama traktör gücü ise 36.12 kW olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aldaoseri, M. J., & Muhsin, S. (2022). Requirements and Indicators of the Energy and Capacity for Some Secondary Equipment to Prepare the Soil and Fragmentation Index of Soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1060(1). <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1060/1/012138>
- Altıkat, S. & Çelik, A. (2009). Erzurum İlinin Mekanizasyon Özellikleri . Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , 40 (2) , 57-70 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunizfd/issue/3011/41810>
- Altıkat, S. & Çelik, A. (2011). Iğdır İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri . Journal of the Institute of Science and Technology , 1 (4) , 99-106 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jist/issue/7927/104269>

- Bolo, B. G., Mpoeleng, D., & Zlotnikova, I. (2019). Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Small Scale Precision Farming in Botswana. In S. Wade (Ed.), *Earth Observations and Geospatial Science in Service of Sustainable Development Goals* (Southern Space Studies) (pp. 91-100). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16016-6_9
- Botta, G., Nardon, G., & Guirado Clavijo, R. (2022). Soil Sustainability: Analysis of the Soil Compaction under Heavy Agricultural Machinery Traffic in Extensive Crops. *Agronomy*, 12(2). <https://dx.doi.org/10.3390/agronomy12020282>
- Cavalaris, C., Tagarakis, A. C., Kateris, D., & Bochtis, D. (2023). Cost analysis of using UAV sprayers for olive fruit fly control. *AgriEngineering*, 5, 1925-1942. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5040118>
- Erkmen, Y., & Çelik, A. (1992). Ağrı ilinin tarımsal mekanizasyon özellikleri, sorunları ve çözüm olanakları üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, 14-16 Ekim, Samsun.
- Gursoy, S., Aygun, M., Kara, A., & Akın, S. (2021). Assessment of Agricultural Practices and Machinery Use in Pistachio Nut Orchards in Siirt Province of Turkey. *Farming & Gardening Research*, 37(11). <https://dx.doi.org/10.33045/fgr.v37.2021.11>
- Koçtürk, D., & Avcıoğlu, A. (2004). Türkiye'de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1), 17-24.
- Mashongedza, T. C., & Beem, H. R. (2022). Design and Testing of a Low-Cost Wheel-Driven Crop Sprayer. In *2022 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)* (pp. 184-187). Santa Clara, CA, USA. <https://doi.org/10.1109/GHTC55712.2022.9910607>
- TUİK, 2022. Tarımsal yapı ve üretim. T.C. Başbakanlık, Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Ankara.
- Vargas, R., Tagaragis, A., Kateris, D., Bochtis, D., (2019). Smart Agriculture in Uganda. In *2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)* (pp. 1-8). Seattle, WA, USA. <https://doi.org/10.1109/GHTC46095.2019.9033021>
- Zeren, Y., Tezer, E., Tuncer, İ. K., Evcim, Ü., Güzel, E., & Sındır, K. O. (1995). Tarım alet-makina ve ekipman kullanım ve üretim sorunları. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Tarım Haftası 95 Kongresi, 9-13 Ocak 1995, Ankara.

Gladiçya (*Gleditsia Triacanthos*) Meyvesinin Mısır Silajında Katkı Maddesi Olarak KullanımıÇağlar YUCAL¹ | Ali İhsan ATALAY^{1*}

¹ Iğdır Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü, Iğdır,
Türkiye

Sorumlu Yazar

¹ Iğdır Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü, Iğdır,
Türkiye

Email:
aliihsanatalay66@hotmail.com

* Bu çalışma Çağlar
YUCAL'ın Yüksek
Lisans tezinden
üretilmiştir.

Özet

Bu çalışmada, mısır silajına farklı oranlarda gladiçya meyvesini katkı maddesi olarak katılmasının silaj kalitesine ve aerobik stabilitesine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda silajların kuru madde içerikleri %28,74 ile 31,78 arasında değişmiştir. Silajların ADF ve NDF içerikleri sırasıyla %11,65-12,28 ve 21,41 ile 25,35 arasında olduğu tespit edilmiştir. Silajların pH'ları 3,46 ile 3,59 arasında değişmiş ve fleig skorları 103,75 ile 114,08 olarak belirlenmiştir. Olması gereken pH değerleri ölçülen pH'lardan yüksek bulunmuştur. Silajların in vitro fermentasyonunda elde edilen bulgulardan net gaz içerikleri 37,39 ila 41,20 ml arasında olduğu tespit edilmiştir. Metan üretimleri ise %14,21 ile 16,89 olarak ölçülmüştür. Silajların metabolik enerji ve organik madde sindirim dereceleri sırası ile 8,16 ile 8,71 MJ/kg KM arasında ve %59,73 ile 62,90 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, silajların aerobik stabilite katkı maddesinin katılması ile bozulma süresinin geciktiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gladiçya meyvesi, mısır silajı, hayvan besleme, in vitro, katkı maddesi

Use of Gladichia (*Gleditsia Triacanthos*) Fruit as Additives in Corn Silage

Abstract

In the this study, the effect of using the honey locust (*Gleditsia Triacanthos*) as an additive for corn silage on silage quality and aerobic stability was investigated. As a result of the study, the dry matter content of the silages varied between 28.74 and 31.78%. The ADF (acid detergent fiber) and NDF (neutral detergent fiber) contents of the silages ranged between 11.65-12.28 and 21.41-25.35%, respectively. The pH of the silages varied between 3.46 and 3.59, and the fleig scores of the silages were determined in the range from 103.75 to 114.08. The required pH values were higher than the measured pH values. The net gas contents obtained from the in vitro fermentation of the silages were determined to be between 37.39 and 41.20 ml. Methane production percentages were found as 14.21 and 16.89. Metabolic energy (ME) and organic matter digestion degrees (OMD) of the silages were determined to be between 8.16 - 8.71 and 59.73 - 62.90, respectively. It was concluded that the deterioration period of the silages was delayed with the additive for aerobic stability.

Keywords: Additives, Honey locust, corn silage, animal nutrition, in vitro

GİRİŞ

Hayvansal girdilerin en başında kaba yemler büyük önem taşımaktadır. Kaba yemlerin içerisinde silaj büyük öneme sahiptir. Özellikle kış aylarında hayvanların yeşil kaba yem ihtiyacını karşılamada büyük önem kazanmıştır (Keskin ve ark., 2017). Kaba yemlerin kurutulması bazı dönemlerde büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu sebeple kaba yemlerden silaj yapılması dünyada ve ülkemizde yaygınlaşmıştır. Dünyada ve ülkemizde en fazla silajı yapılan ürün mısırdır (Keskin ve ark., 2018). Bunun yanında baklagil ve buğdaygillerin birçoğundan ve sanayi artıklarından da silaj yapılmaktadır (Başar ve Atalay 2020, Alphan Kaynar ve Atalay, 2023). Baklagillerin silolanması buğdaygillere nazaran daha zordur bu sebeple silaj materyaline farklı katkı maddelerinin katılması çok yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır (Atalay, 2009, Kamalak vd., 2013, Atalay ve Kamalak, 2018). Silajların kaliteleri birden fazla faktöre bağlı olarak çok değişkenlik göstermektedir. Silaj kalitesi genellikle, silaj materyalinin kendisinden ya da silaj yapım aşamasındaki problemlerden kaynaklanmaktadır. Kaliteli bir silajın yapılabilmesi için pH'nın 4 civarına çekilmesi gerekmektedir. Bunun içinde silaj materyalinde en az %3 oranında suda çözünür karbonhidrat (SÇK) içeriğine sahip olması gerekmektedir (Chamberlain and Wilkinson, 1996). Hayvancılıkta karlılığın artırılması için hayvan kalitesi, bakım, sağlık giderleri ve en önemlisi ve en çok paya sahip olan yaklaşık %70 yem girdilerinin azaltılması hayvancılıkta karlılığı %30'a kadar artıracaktır (Kabukçu, 1985). Yem maliyetlerini azaltmada ucuz ve kaliteli bir yem olan silajın rasyonlarda kullanılması girdi maliyetlerini azaltacaktır (Artmann, 2000).

Hayvancılıkta silajların oluştuktan sonra hayvanların tüketimine sunulana kadar oluşan bozulmalar büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu olay aerobik bozulma olarak nitelendirilmektedir. Bir silajın kalitesi ne kadar iyi ise aerobik stabilitesi ters orantılı olarak düşmektedir. Bu durumun negatif etkisinden kurtulmak için silaj materyallerine çeşitli katkı maddeleri uygulanmaktadır. Gladiçya bitkisinin anavatanı Amerika olmasına karşın ülkemizde çoğu bölgede rastlanmaktadır. Ağaç ve çalı formunda olan peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaklaşık 120-130 yıl yaşayan 30 m yüksekliğe ulaşan 5 yaşlarında meyve vermeye başlayan yarım metreye ulaşan meyveleri tanen ve suda çözünür karbonhidrat bakımından zengin yetişkin bir ağacın 100 kg dan fazla meyve verdiği baklagil familyasından ülkemizde kullanılmadan çöpe giden bir çit bitki olarak tanımlanabilir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde her yıl fazla miktarlarda açığa çıkan ve çöpe giden bir atık ürününün kurutulup öğütülerek silajlık mısırdaki hem kaliteyi artırmak hem de aerobik stabilitesine olan etkisini belirlemek için yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

İğdır ilindeki tarladan taze biçilmiş silajlık mısır örnekleri zaman kaybetmeden alınarak Yemler Ve Hayvan Besleme Laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen silajlık mısır örnekleri %0, 1,5, 3 ve 4,5 oranında gladiçya meyvesi eklenerek 4 muamele ve her muamelenin 3 tekrür olacak şekilde hazırlanarak 3 lt kapasiteli silaj kapları içerisine hava almadan sıkıştırılmış ve 60 günlük silolama sürecine bırakılmıştır.

Kimyasal kompozisyon

Altmış günlük silolanmanın sonunda silaj örneklerine ilk olarak pH ölçümleri kalite parametrelerinden biri olarak yapılmış (Kung at al., 2000) ve kuru madde (KM) içerikleri belirlenmiştir (AOAC, 1990). Silaj örnekleri 70 °C'de 48 saat süre ile kurutulmuş diğer kimyasal analizlerin ve *in vitro* gaz üretiminin yerine getirilmesi için elek boyu 1 mm olacak şekilde öğütülerek hazırlanmıştır. Besin madde analizleri en az 3 tekrür olacak şekilde yapılmıştır. Silajların KM, ham kül (HK), ham protein (HP) ve ham yağ

(HY) analizleri AOAC, (1990) bildirdiği analiz metotlarına göre yapılmıştır. Örneklerin NDF ve ADF içerikleri ise Van Soest, at al. (1991) bildirdiği yöntemle yapılmıştır. Silajların Fleig skorları ve olması gereken pH değerleri ayrıca hesaplanmıştır (Kılıç, 1986, Meeske, 2005). "Olması gereken pH değeri" (01pH) Meeske (2005) tarafından ortaya atılan bir metot olup, silajların pH'ları KM içeriğine göre şekil almaktadır

$$\text{Olması gereken pH} = 0,00359 \times \text{KM (g/kg)} + 3,44 \quad (1)$$

***In vitro* fermantasyon parametreleri**

Hassas terazide 0,2 gr ağırlığında tartılan örnekler *in vitro* gaz üretim analizi için 100 ml kapasiteli cam enjektöre yerleştirilmiştir. Enjektörlerin pistonlarına dip bölümünden 2 parmak, üst kısımandan ise 3 mm temiz kalacak şekilde katı vazelin sürülmüştür. Vazelin sürülen pistonlar örnek bulunan enjektörlere 30 ml çizgisine kadar itilip klips yardımıyla silikon hortumu kapatılmıştır. Yapay tükürük sıvısı hazırlanarak üzerine kesimhaneden taze kesilmiş küçükbaşlardan alınan rumen sıvısı homojen şekilde süzülüp karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımdan büret yardımı ile 100 ml cam şırıngaların içine 30 ml (1/3 rumen sıvısı + 2/3 yapay tükürük) eklenmiştir. Örnekler 39 °C'deki su banyosunda en az üç paralel olacak şekilde inkübe edilmiştir. Gaz üretim ölçümleri, inkübasyondaki cam şırıngalar için 24 saatin sonunda gerçekleştirilmiştir (Menke and Steingass, 1988).

Metan üretimi

24 saat sonunda *in vitro* fermantasyon ile oluşan gaz, cam enjektörlerden 100 ml plastik şırıngalara çekilerek metan oranı % olarak S-AMG 1010 cihazı ile ölçülmüş ve toplam gaz miktarına oranlanarak ml cinsinden hesaplanmıştır (Goel at al., 2008).

Organik madde sindirilebilirlik derecesi (OMSD)

OMSD değeri aşağıda yer alan formüle göre belirlenmiştir (Menke at al.,1979).

$$\text{OMSD(\%)} = 14,88 + 0,889 \text{ GÜ} + 0,45 \text{ HP} + 0,0651 \text{ HK} \quad (2)$$

Metabolik enerji (ME)

ME değeri aşağıda yer alan formüle göre belirlenmiştir (Menke at al.,1979).

$$\text{ME (Mj/kg KM)} = 2,2 + 0,1357 \text{ GÜ} + 0,057 \text{ HP} + 0,002859 \text{ HY} \quad (3)$$

İstatistik analiz

Elde edilen analiz sonuçları varyans analizi (ONE WAY ANOVA) ile değerlendirilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Gladiçya Meyvesi İlavesinin Mısır Silajının Kimyasal Kompozisyonuna Etkisi

Altmış günlük silolama sonucunda oluşan silajların besin madde kompozisyonuna ait parametreler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Katkı maddesi olarak kullanılan gladiçya meyvesi silajlarda kuru madde (KM), ham protein (HP) ve ADF'yi etkilemezken; ham kül(HK), NDF ve ham yağı (HY) önemli derecede etkilemiştir.

Kontrol grubu mısır silajının KM değeri %28,74 olarak tespit edilmiştir. Gladiçya meyvesinin katılmasıyla birlikte mısır silajının KM içeriğinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

Çalışmada elde edilen kuru madde verileri Ateş ve Atalay (2022) ve Idikut ve ark., (2009)'nın yapmış oldukları çalışmalardan biraz yüksek bulunmuştur. Kamalak vd. (2009) aynı katkı maddesini yoncaya uyguladıklarında oluşan yonca silajlarını kuru madde içeriğini önemli derecede artırmıştır.

Çizelge 1. Gladiçya meyvesinin ilavesi ile oluşan silajların besin madde kompozisyonuna etkisi**Table 1. The effect of the addition of gladiolus fruit on the nutrient composition of silages**

Muamele	KM, %	HK, %	HP, %	NDF, %	ADF, %	HY, %
Kontrol	28,74	11,41 ^c	7,49	25,35 ^a	12,28	11,26 ^b
% 1,50	30,85	15,53 ^a	6,7	24,29 ^{ab}	11,65	11,01 ^b
% 3,00	31,3	11,94 ^{bc}	7,81	22,89 ^{bc}	11,99	12,80 ^a
% 4,50	31,78	12,52 ^b	7,83	21,41 ^a	11,93	12,38 ^a
SHO	0,67	0,993	0,266	0,856	0,291	0,431
ÖS	ÖS	***	ÖS	**	ÖS	**

^{abc}Aynı harflere sahip ve aynı satırda yer alan ortalamalar arasında fark yoktur (P<0.05), SHO: Standart hata ortalaması, ÖS: Önem seviyesi, ***- P <0.001, **- P<0.01, KM: Kuru madde, ADF: Asit deterjan fiber, NDF: Nötral deterjan fiber, HP: Ham protein, HY: Ham yağ

Katkı maddesi olarak kullanılan gladiçya meyvesinin katkı oranının artmasıyla mısır silajlarının HK içerikleri artmıştır. Katkı oranı ile oluşan silajların HK içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Silajlarda en yüksek HK içeriği %1.5 oranında gladiçya ilavesinde bulunmuştur. Kamalak ve ark., (2009)'nın gladiçya meyvesini yoncanın silolamasında kullandıkları ve HK içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki HK içerikleri Saeed and Latif (2008) ve Elkholy et al. (2009)'ın yapmış oldukları çalışmalarda elde ettikleri sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Bu farklılıkların sebebi ise silaj hammaddesinin yetiştirildiği coğrafi koşullar ve örneklere karışmış olabilecek toz, toprak gibi yabancı madde bulaşığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kontrol grubu mısır silajının HP içeriği %7,49 bulunmuş olup, gladiçya meyvesinin katılmasıyla birlikte oluşan mısır silajının HP içeriğinde önemli değişimler gözlenmemiştir. Gladiçya meyvesinin kullanım oranı ile oluşan silajların HP içeriği arasında ilişki Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Kamalak ve ark. (2009)'nın bulguları ile farklılıklar göstermektedir. Kamalak ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, gladiçya meyvesinin katılması ile oluşan yonca silajının ham protein içeriğini önemli derecede düşürdüğünü bildirmişlerdir. HP içeriğindeki değişimin Kamalak ve ark. (2009)'nın çalışması ile farklılık göstermesi silaj hammaddesinin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kontrol grubu mısır silajının ADF içeriği % 12,28 bulunmuş olup gladiçya meyvesinin kullanılmasıyla birlikte oluşan mısır silajların ADF içeriğinde fark bulunmamıştır.

Kontrol grubu mısır silajının NDF içeriği %25,35 bulunmuş olup gladiçya meyvesinin eklenmesiyle birlikte oluşan mısır silajının NDF içeriğinde önemli düşüşler meydana gelmiştir. Gladiçya meyvesinin kullanım oranı ile mısır silajlarının NDF içeriği arasında ki ilişki Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bir birim gladiçya eklenmesiyle birlikte oluşan mısır silajının NDF içeriğinde 1,06 birimlik bir azalma meydana gelmiştir. Mısır silajının NDF içeriğindeki bu azalmanın sebebi gladiçyanın NDF içeriğinin mısır silajından biraz düşük olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Kamalak ve ark. (2012)'nin bulguları ile uyumlu bulunmaktadır. Kamalak ve ark. (2012) yürüttükleri çalışmada, yemlik keçiyoynuzu kırığının yonca otuyla birlikte silolanması sonucu oluşan yonca silajının NDF içeriğinin önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir. Kamalak ve ark. (2012)'nin yaptığı çalışmada kullanılan yemlik keçiyoynuzu kırığının NDF içeriği yonca otundan daha düşük bulunmuştur. Dolayısıyla katkı oranının artmasıyla birlikte oluşan mısır silajının NDF içeriği de azalmıştır.

Bu çalışmada kontrol grubu mısır silajının ait HY içeriği %11,26 bulunmuş olup, gladiçya meyvesinin katılmasıyla birlikte HY değerlerinin %11,01 ile 12,38 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Katkı maddesi katılması ile ham yağ değerlerinde oluşan farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır.

Gladiçya Meyvesi İlavesinin Mısır Silajının Fermantasyon Karakteristiklerine Etkisi

Katkı maddesinin mısır silajının fermentasyon karakteristiklerine ve Fleig skoruna (FS) etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Silaj katkı maddesi olarak kullanılan gladiçya meyvesi mısır silajının pH’ına önemli derecede etki etmemesine rağmen FS içeriklerini önemli derecede etkilemiştir.

Çizelge 2. Gladiçya meyvesi ilavesinin silajların fermantasyon parametrelerine etkisi

Table 2. Effect of gladiolus fruit addition on fermentation parameters of silages

Muamele	pH	OlpH	FS
Kontrol	3,59	4,47	103,75 ^b
% 1,50	3,54	4,54	110,23 ^{ab}
% 3,00	3,53	4,56	112,24 ^a
% 4,50	3,46	4,58	114,08 ^a
SEM	0,027	4,466	2,248
ÖS	ÖS	ÖS	*

^{abc}Aynı harflere sahip ve aynı satırda yer alan ortalamalar arasında fark yoktur (P<0.05), SHO: Standart hata ortalaması, ÖS: Önem seviyesi, ***- P <0.001, **- P<0.01, OlpH: Olması gereken pH; FS: Fleig skoru

Bu çalışmada kullanılan kontrol grubu mısır silajının pH’ı 3,59 olarak bulunmuş olup, katkı maddesinin katılması ile mısır silajlarının pH değerlerindeki değişim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Katkı maddesinin katılması ile fermente olan mısır silajların pH değerleri arasındaki ilişki Çizelge 4.2’de verilmiştir. Mısırın iyi bir silolanma kapasitesine sahip olmasından dolayı katkı maddesi silaj pH’sına etki etmemiştir. pH oluşumunda silaj materyalinin suda çözünür karbonhidrat içeriği direk etkilidir. Kamalak ve ark. (2009) yoncayla yaptıkları çalışmada, gladiçya meyvesinin yonca silajlarının pH’sını önemli derecede düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi katkısız mısır silajının Fleig skoru 103,75 olarak bulunmuştur. Katkısız mısır silajının Fleig skoru, katkı maddesinin katılmasıyla birlikte yükselmiştir. Katkı maddesi katılması ile tüm gruplarda silaj kalitesi olan fleig skorları yükselmiştir. Aynı durum Kamalak ve ark. (2009)’ yonca ile yapmış oldukları çalışmayla benzerlik içerisindedir.

Gladiçya meyvesinin silajların gaz üretim kinetiği, metan üretimi, Metabolik Enerji ve Organik Madde Sindirim Derecesine olan etkisi

Gladiçya meyvesinin mısır silajına katılması ile oluşan silajların *in vitro* fermentasyon parametreleri, metabolik enerji (ME) içerikleri organik madde sindirim derecesine (OMSD) etkisi ile anti metanojenik etkisi Çizelge 3’te bildirilmiştir. Silajlarda en yüksek gaz üretimi %3 katkılı silajlardan elde edilirken en düşük %4.5 katkı maddesi kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Bulunan sonuçlar Hasan, (2015) ve Sucu, (2009)’un buldukları sonuçlardan düşük bulunmuştur. Silajların metan üretimlerinde istatistiki olarak fark bulunmamış, 5.70 ile 6.61 ml arasında değişmiştir. Gaz ve metan üretimini etkileyen en önemli unsur fermente olabilen yem miktarı ile doğrudan orantılıdır. Protein ve yağların gaz üretimi ve metan üretimine kısmi etkisi olup, fermente olabilen karbonhidratların miktarı fazla olması gaz ve metan üretiminde pozitif etkiye sahiptir (Makkar, 1995;2005).

Gladiçya meyvesinin katkı maddesi olarak kullanılması ile silolanan silajların ME ve OMSD üzerinde negatif yönde etki etmiştir. Silajların ME içerikleri 8,16 ile 8,71 ml aralığında bulunmuştur. Bu çalışma da %0 katkılı grubu oluşturan mısır silajının ME içeriği Tabacco et al. (2006)’nın bildirdiği ME içeriğinden yüksek bulunmuştur. Başka yönden bakıldığında, bu çalışma sonucunda bulunan

OMSD, Tabacco et al. (2006)'nın bulduğu değerlere yakın bulunmuştur. Bu düşüşün sebebi ME ve OMSD hesaplanırken HP ve 24 saatlik *in vitro* gaz üretimi kullanılmasıdır. Çünkü katkı maddesinin katılması ile oluşan silajların HP ve gaz üretimlerinin azaldığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

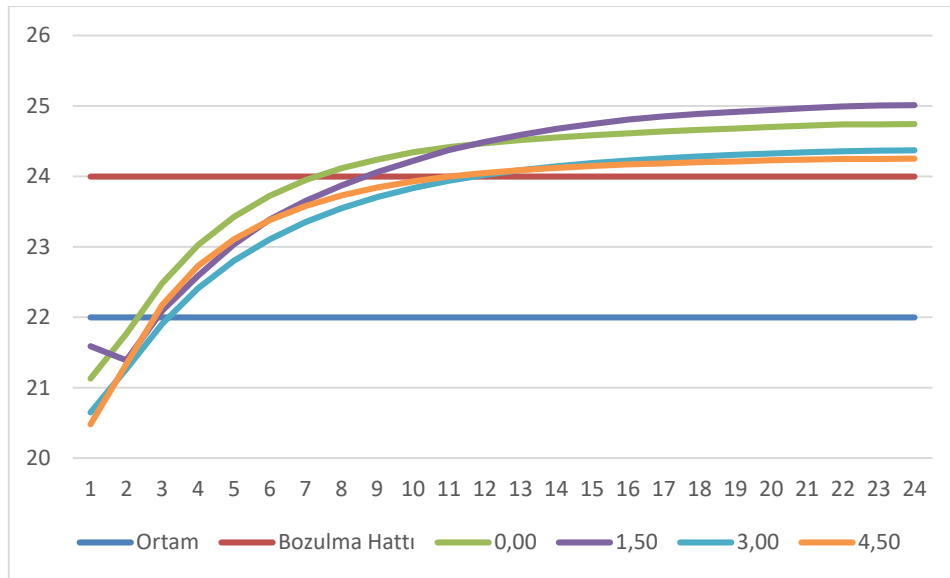
Çizelge 3. Gladiçya meyvesi ilavesinin silajların gaz üretim kinetiği, metan üretimi, ME ve OMSD olan etkisi
Table 3. Effect of gladiolus fruit addition on gas production kinetics, methane production, ME and OMSD of silages

Muamele	Net gaz, ml	Net Metan, ml	Metan, %	ME, Mj/kg KM	OMSD, %
Kontrol	40,95 ^a	6,54	15,96	8,55 ^{ab}	62,02 ^{ab}
% 1,50	39,10 ^{ab}	6,61	16,89	8,24 ^{bc}	62,90 ^a
% 3,00	41,20 ^a	5,86	14,21	8,71 ^a	62,73 ^a
% 4,50	37,39 ^b	5,70	15,24	8,16 ^c	59,73 ^b
SEM	0,89	0,232	0,567	0,129	0,731
ÖS	*	ÖS	ÖS	*	*

^{abc}Aynı harflere sahip ve aynı satırda yer alan ortalamalar arasında fark yoktur (P<0.05), SHO: Standart hata ortalaması, ÖS: Önem seviyesi, ***- P <0.001, **- P<0.01, ME: Metabolik enerji, OMSD: Organik madde sindirim derecesi

Gladiçya meyvesinin Mısır Silajının Aerobik Stabilitesine Etkisi

Bu çalışmada mısır silajına farklı oranlarda katkı maddesi ilavesinin aerobik stabiliteye etkisi Şekil 1'de verilmiştir. Silajlara ilave edilen katkı maddesi aerobik stabilitesini iyileştirmiştir. Kontrol grubu 7. saatte bozulurken %4.5 katkı ilavesi ile bozulma süresi 12 saate kadar çıkmıştır. Silajlarda aerobik bozulmalar çok fazla olmakta bunun neticesinde milyonlarca dolar zarar ortaya çıkmaktadır. Dünyada ve ülkemizde silaj kalitesini artırmaya yönelik başarılı sayısız çalışma olsa da aerobik stabiliteyi iyileştirme konusunda pek fazla ilerlemeden söz etmek mümkün olmamıştır. Bunun sebebi silaj kalitesi ile aerobik stabilite arasındaki ters orantıdan kaynaklanmaktadır. Kalite artarken aerobik stabilite düşmektedir. Kalite yükseltilmeye çalışılırken bütirik asit ve asetik asit içerikleri azaltılmaya çalışılmış böylelikle de aerobik stabilitenin düşmesine neden olmaktadır (Wyss, 1999). Genel bir ifade ile iyi kalitede silolanmış bir silaj aerobik açıdan kötüleşmekte ve daha çabuk bozulmaya başlamaktadır (Cai et al., 1999). Silajlarda aerobik stabiliteyi etkileyen unsurlara bakıldığında pH, KM, SÇK, laktik asit içeriği, bitkinin türü, ortam sıcaklığı ve silajın sıkıştırılma durumu olarak sıralana bilmektedir (Ohyama et al., 1975, Muck and Pitt, 1991, Bolsen, 1999, Woolford, 1984). gladiçya meyvesi katkı maddesi olarak katılması ile oluşan silajlarda aerobik stabilitesi iyileşmiş yani kontrol grubuna göre katkılı silajlar daha geç zamanda bozulmaktadır. Bunun sebebi ise katkı maddesinin içermiş olduğu anti fungal özelliğe sahip tanenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum Kamalak ve ark., (2009)'ın gladiçya meyvesini yoncaya ilave etmesi ile elde ettiği bulgular ile örtüşmektedir.



Şekil 1. Mısır silajına Gladiçya meyvesinin katkı maddesi olarak kullanımının silajların aerobik stabilitesine etkisi
Figure 1. The effect of using Gladiocia fruit as an additive to corn silage on the aerobic stability of silages

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda; mısır silajının silolanması esnasında katkı maddesi olarak gladiçya meyvelerinin kullanılmasının silaj kalitesini kısmen etkilediği görülmektedir. Gladiçya meyvelerinin silaja katılması ve katkı dozunun artması ile birlikte silajların aerobik stabilitesini yani bozulma süresinin geciktiği tespit edilmiş olup katkı oranının %3 ile 4.5 olmasının ideal seviye olacağı düşünülmektedir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda oluşan silajlarda organik asit içeriğinin tespit edilmesi ve hayvanlarda yem tüketimine ve *in vivo* sindirim denemeleri ile desteklenmesine ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- A.O.A.C., Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th.edition. Washington DC. USA. S. 66 (1990).
- Alphan Kaynar, A., Atalay, A. İ., & 2023. Yemlik keçiyoynuzu kırığının yaş şeker pancarı posasının silolanabilirliğine etkisi ve metan üretim kapasitesi. *Journal of Agriculture*, 6(1), 36-45.
- Artmann, R. 2000. Herden Management mit Hilfe von Technischen Neuentwicklungen In:27. Viehvvirtschaftliche Fachtagung 6-8.06.2000, Gumgeustein
- Atalay, A. İ. (2009). Melas ve defne yaprağı karışımının yonca silajı yapımında kullanımı ve silaj kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş*.
- Atalay, A.İ., Kamalak, A., 2018 Effect of locust bean fracture on In vitro and In situ degradation of grass silage. *Journal of the Institute of Science and Technology*, Cilt 8, Sayı 4 Sayfa 361-367.
- Ateş, H. ve Atalay, A. İ. (2022). Yemlik Keçiyoynuzu Kırığının Mısır Silajında Katkı Maddesi Olarak Kullanımı. *Journal of Agriculture* , 5 (1) , 1-9 . DOI: 10.46876/ja.1108392
- Başar, Y., Atalay, A.İ., 2020- Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri *Journal of the Institute of Science and Technology*, Cilt 10, Sayı 2 Sayfa 1449-1455
- Bolsen, K.K. 1999. Silage Management in North America in the 1990s. *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium. USA.*

- Cai, Y., Benno, Y., Ogawa, M. and Kumai, S., 1999. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. *J Dairy Sci* 82, 520–526.
- Chamberlain, A.T., Wilkinson, J.M., 1996. Feeding the dairy cow, Chalcombe Publications. Painshall. Church Lane, Welton, Lincoln, LN2 3 LT, UK.
- Elkholy, M.E.H., Hassanein, E.I., Soliman, M.H., Eleraky W., Elgamel, M.F.A., Ibraheim, D., 2009. Efficacy of Feeding Ensiled Corn Crop Residues to Sheep. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8 (12), 1858-1867.
- Goel, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., (2008). Effect of Sesbania sesban and Carduus pycnocephalus leaves and Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 72-89.
- Hasan, A. H., 2015. Effect of Urea, Optigen and Ecomass as NPN on Quality and Aerobic Stability of Corn Silage. Kahramanmaraş Sütçü Imam University Graduate School of Natural And Applied Sciences. 79s.
- Idukut, L., Arikan B.A., Kaplan, M., Guven, I., Atalay, A.I. 2009 Potential nutritive value of sweet corn as a silage crop with or without corn ear. *Journal of Animal and veterinary Advances*, Volume 8 Issue 4, Pages 734-741
- Kabukçu, A. 1985. Türkiye’de Hayvancılığın Önemi, Bu günkü Durumu, Geleceği, Sorunları ve Gelişmesi için Öngörülen Önlemler. Doğu Anadolu Hayvancılık Sempozyumu, (19-20 Aralık 1985. Fırat Ü. Yayınları, s:83-91, Elâzığ.)
- Kamalak, A., Bal, M.A., Aydın, R., Atalay A.I. 2009 Glediçya meyvesinin katkı maddesi olarak yonca silajında kullanımı TUBİTAK TOVAG projesi 1-67
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Şahin, M., Kurt, Ö., Kaya, E., Atalay A.I. Effect of oak tannin extract (artutan) on in situ dry matter and crude protein degradation of alfalfa silage by sheep. Proceedings of the 24th International Scientific-Expert-Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 25-28 September 2013
- Kamalak, A., Guven, I., Kaplan, M., Boga, M., Atalay, A.I., Ozkan, C.O., Potential nutritive value of honey locust (Gleditsia triacanthos) pods from different growing sites for ruminants. *Journal of Agricultural Science and Technology* Vol. 14: 115-126 (2012).
- Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S., Eren, B. (2018). Farklı tane mısır (Zea mays L.) çeşitlerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 15-19.
- Keskin, B., Temel, S., Eren, B. (2017). Determination of yield and plant characteristics of some silage corn varieties. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(1), 347-351.
- Kılıç, A., (1986). Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri), s. 327, İzmir,
- Kung, Jr., Silage fermentation and additives. direct-fed microbial, enzyme and forage additive compendium. Miller Publishing Co., Minnetonka, MN. <http://foragesoftexas.tamu.edu/pdf/silagemngt.pdf> (2001).
- Makkar, H.P.S., 2005. In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology* 123-124, 291-302.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., Abel, H. and Szegletti, C. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69: 495-500(1995).
- Meeske, R., 2005. Silage additives: Do they make a difference? *South African Journal of Animal Scienc*, 6,49-55.

- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz., D., Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science*, 93:217-222.
- Menke, K.H., Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Resources and Development*, 28:7 – 55.
- Muck, R.E., Pitt, R.E., 1994. Aerobic deterioration in corn silage relative to the silo face. *Transactions of the ASAE* 37(3), 735-743
- Ohyama, Y., Masaki, S., Hara, S., 1975. Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemical composition after opening silos. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 26, 1137-1147.
- Saeed, A.A., Latif, F.A., 2008. Effect of Ensiling and Level of Supplementation with Concentrate on the Voluntary Intake and Digestibility of Wheat Straw By Arabi Lambs. *Alquadisya Journal of Veterinary Medicine*. 7 (1), 1-6.
- Sucu, E., 2009. Laktik Asit Bakteri İnokulantlarının Mısır Silajının Fermantasyon ve Aerobik Stabilité Özellikleri İle Rumen Ekolojisi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 135s.
- Tabacco, E, Borreani, G, Crovetto, G. M., Galassi, G., Colombo, D and Cavallarin, L. 2006. Effect of chestnut tannin on fermentation quality, proteolysis, and protein rumen degradability of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 89: 4736-4746.
- Van Soest, P. J., 1991. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Woolford, M.K.,1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc.
- Wyss, U., 1999. Influence of pre-wilting degree on aerobic stability of grass silages. *The XII International Silage Conference*. Uppsala, Sweden, pp.284-285.

Gübre Miktarının Azaltılması Ve Arttırılmasının Ayçiçeği Verimi, Besin Madde İçerikleri Ve Gübre Maliyetleri Üzerine Etkisi

Nureddin ÖNER¹ | Ali Rıza DEMİRKIRAN^{2*}

¹ Muğla Sıtkı Koçman University, Fethiye Ali Sıtkı Mefharet Koçman Vocational School, Plant and Animal Production, Organic Farming Program, Muğla, Türkiye

² Bingöl University, Agricultural Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department, Bingöl, Türkiye

Correspondence

² Bingöl University, Agricultural Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department, Bingöl, Türkiye
Email: ademirkiran@bingol.edu.tr

Özet

Bu deneme; Muğla Dalaman Tarım İşletmesi Müdürlüğü (TİGEM) deneme sahasında yürütülmüştür. Deneme tamamıyla şansa bağlı deneme deseni prensibiyle üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Gübre uygulamaları; 1- Topraktan 400 kg da⁻¹ ayçiçeği verimine göre gübre uygulaması, 2- Gübre uygulamasının (1) %20 azaltılması, 3- Gübre uygulamasının (1) %40 azaltılması, 4- Gübre uygulamasının (1) %20 arttırılması, 5- Gübre uygulamasının (1) %40 arttırılması ve 6- Üretici uygulaması olmak üzere altı değişik gübre uygulamaları yapılmıştır. Araştırma, farklı gübre uygulamalarının yağlık ayçiçeği bitkisinin verimine ve yapraktaki bitki besin elementlerinin (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Mo) içeriklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprağa altı farklı oranda gübre uygulamanın ayçiçeğinin verim ve yapraklarındaki bitki besin elementleri içeriklerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). Ayçiçeğinde en yüksek verim (419.6 kg.da⁻¹) 5. uygulamadan, en düşük verim (321.4 kg.da⁻¹) ise 3. uygulamadan elde edilmiştir. Yapraklardaki en yüksek N, Zn, Fe, Mn ve Mo miktarları 1. uygulamadan (sırasıyla %3.90, 41.98 ppm, 568.82 ppm, 114.3 ppm ve 2.51 ppm), en yüksek P, Mg, S ve Cu miktarları (sırasıyla %1.38, %4.56, %1.49 ve 32.59 ppm) 6. uygulamadan, en yüksek K, Ca ve B miktarları (sırasıyla %6.95, %4.55 ve 286.03 ppm) 3. uygulamadan elde edilmiştir. Yapraklardaki en düşük K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn, B ve Mo içeriklerine (sırasıyla %3.48, %2.40, %2.17, %0.74, 18.26 ppm, 258.02 ppm, 13.65 ppm, 59.70 ppm, 132.09 ppm ve 1.47 ppm) 5. uygulamadan, en düşük N ve P miktarları (%3.19 ve %0.58) 2. uygulamadan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği (*Heliantus annuus* L.), Gübre Uygulama, Verim, Gübre Maliyeti, Toprak Analizi

The Effect of Decreasing or Increasing of the Fertilizer Amount on Sunflower Yield, Nutrient Contents and Fertilizer Costs

Abstract

This research was conducted in the trial area of Muğla Dalaman Agricultural Enterprise Directorate (TİGEM). The experiment was set up with three repetitions, based on the principle of a completely randomized trial design. Fertilizer applications were applied as, 1- Fertilizer application according to 400 kg.da⁻¹ sunflower yield from the soil, 2- Reducing fertilizer application (1) by 20%, 3- Reducing fertilizer application (1) by 40%, 4- Increasing fertilizer application (1) by 20%, 5- Increasing fertilizer application (1) by 40%, 6- Farmer application. The research was conducted to determine the effect of different fertilizer applications on the yield of the oil sunflower plant and the content of plant nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B and Mo) in the leaf. According to the results of the research, the effect of applying six applications of fertilizer to the soil on the yield of sunflower and the content of plant nutrients in its leaves was found to be statistically significant (p <0.01). The highest yield of sunflower (419.6 kg.da⁻¹) was obtained from the 5th application, and the lowest yield (321.4 kg.da⁻¹) was obtained from the 3rd application. The highest amounts of N, Zn, Fe, Mn and Mo in the leaves were from the 1st application (3.90%, 41.98 ppm, 568.82 ppm, 114.3 ppm and 2.51 ppm, respectively), and the highest amounts of P, Mg, S and Cu (1.38%, 4.56, 1.49% and 32.59 ppm) were obtained from the 6th application, and the highest amounts of K, Ca and B (6.95%, 4.55% and 286.03 ppm, respectively) were obtained from the 3rd application. The lowest K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn, B and Mo contents in the leaves (3.48%, 2.40%, 2.17%, 0.74%, 18.26 ppm, 258.02 ppm, 13.65 ppm, 59.70 ppm, 132.09 ppm and 1.47 ppm, respectively) were obtained from the 5th application, and the lowest N and P amounts (3.19% and 0.58%) were obtained from the 2nd application.

Keywords: Sunflower (*Heliantus annuus* L.), fertilizer application, yield, fertilizer cost, soil analysis

GİRİŞ

Ülkemizde yağlık ayçiçeği ekiliş alanları 2019 yılında 6.7 milyon dekar, ayçiçeği üretimi yaklaşık 1.95 milyon ton, dekara verim 289 kg olarak bildirilmiştir (Anonim, 2020). Ayçiçeğinde gübreleme konusunda yapılan farklı denemelerde elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak sunulmuştur. Farklı azot dozlarının verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 291.1 kg.da⁻¹ ile en yüksek verim dekara 10 kg azot uygulamasında alınmıştır (Kasap, 1994). Ayçiçeği çeşitlerine 0, 6, 12, 18 ve 24 kg.da⁻¹ N uygulamaları sonucunda, 312.5 kg.da⁻¹ ile en yüksek verimin 18 kg.da⁻¹ N uygulamasında elde edildiği bildirilmiştir (Nasim vd., 2012). Yine ayçiçeği çeşitlerine 0, 4, 8, 12 ve 16 kg.da⁻¹ azot dozlarının uygulandığı bir çalışmada, en yüksek tane veriminin 12 kg.da⁻¹ N uygulamasında elde edildiği belirtilmiştir (Herdem, 1999).

Ayçiçeği bitkisine 71:57, 107:57, 107:114 ve 142:114 kg.ha⁻¹ olmak üzere 4 farklı N:K kombinasyonlarının uygulandığı bir çalışmada, en yüksek tane veriminin 342.9 kg da⁻¹ ile 142:114 kg.ha⁻¹ uygulamasında elde edildiği vurgulanmıştır (Abdel ve Osman, 2010). Malik vd. (2004) ayçiçeğinde en yüksek verimi 123.1 kg.da⁻¹ ile 13-9-9 kg.da⁻¹ (N-P-K) gübre uygulamasından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayçiçeği bitkisinin yetiştiriciliğinin yapıldığı alana dekara 0, 4, 8 ve 12 kg azot dozunun uygulandığı çalışmada artan oranlarda verilen azotlu gübre yaprağın azot ve potasyum içeriğini arttırırken, fosfor, demir, mangan içeriklerinin azalmasına neden olmuştur (Bozkurt ve Karaçal, 1999).

Ayçiçeği bitkisinde 0, 4, 8, 12 kg.da⁻¹ K₂O (K₂SO₄) ve 0, 2, 4, 6 kg.da⁻¹ MgO (MgSO₄) olacak şekilde taban gübresi uygulamanın ayçiçeği yapraklarında bitki besin elementleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; K ve Mg'un tek başına artan dozlarda uygulanması yapraklardaki bazı besin maddelerini arttırmış ve K elementi ile Fe veya Mn arasında Mg elementi Mn veya B arasında sinerjik ilişkiler belirlenmiştir (Ertiftik ve Zengin, 2015). Sulu koşullarda yetiştirilen ayçiçeği bitkisine 0-3-6-9-12 kg.da⁻¹ potasyum sülfat gübresinin uygulandığı bir çalışmada, uygulamaların tane verimi üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır (Sarıkaya, 2016).

Bu çalışmada 400 kg.da⁻¹ ayçiçeği verimine göre uygulanacak gübre miktarına yapılan toprak analiziyle karar verilmiştir. Deneme, 400 kg ayçiçeği verimi için gerekli olan gübre dozunun %20, %40 azaltılarak verilmesi ve %20, %40 arttırılması yanında üreticinin uygulamasının da ilave edilerek denendiği altı farklı orandaki gübre uygulamasının ayçiçeği yaprağındaki bitki besin elementleri değişimi ve verimi üzerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Denemede arazi olarak Muğla ilinin Dalaman ilçesindeki TİGEM'e ait deneme arazisi kullanılmıştır. 2016 yılında yürütülen çalışmada bitki kaynağı olarak LG 5580 erkenci hibrit ayçiçeği (*Helianthus annuum* L.) tohumu, gübre kaynağı olarak da üre, potasyum sülfat ve 15-15-15 kompoze gübresi kullanılmıştır.

Araştırma, tamamıyla şansa bağlı deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemede parseller; ayçiçeği bitkisinin sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 24 cm olarak, bir deneme parseli 1200 m², (genişlik 20 m x uzunluk 60 m) olmak üzere planlanmıştır. Ekim pnömatik mibzerle yapılmıştır.

Çalışmada gübre uygulamaları; a) 400 kg.da⁻¹ verim baz alınarak gübre uygulaması, b) Bu gübre (a) oranının %20 azaltılması, c) Bu gübre (a) oranının %40 azaltılması, d) Bu gübre (a) oranının %20 arttırılması, e) Bu gübre (a) oranının %40 arttırılması ve f) Bu uygulamalardan bağımsız olan üretici uygulaması olmak üzere 6 değişik uygulama olmak üzere yapılmıştır. Gübreler her parsel için

hesaplanıp, toprağa karıştırılarak verilmiştir. Gübre uygulamaları kapsamında verilen gübrelerin miktarları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı gübre oranlarına göre ayçiçeğine verilmiş olan gübreler ve bunların NPK miktarları

Table 1. Fertilizers and their NPK amounts given to sunflower according to different fertilizer rates

Gübre Uygulamaları	Gübreler	Toplam Verilmiş Olan Gübre Miktarı (kg.da ⁻¹)	Gübre ile Verilmiş Olan NPK Elementlerinin Miktarları (kg.da ⁻¹)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
400 kg.da ⁻¹ verime göre gübre uygulaması	Üre	32.6	15	0	0
Gübre oranının %20 azaltılması	Üre	26.1	12	0	0
Gübre oranının %40 azaltılması	Üre	19.6	9	0	0
Gübre oranının %20 arttırılması	Üre	34.9	18	2.0	2.0
	15-15-15	13			
Gübre oranının %40 arttırılması	Üre	37	21	4.0	10.4
	15-15-15	26			
	K ₂ SO ₄	12.5			
Üreticinin geleneksel gübre uygulaması	Üre	32	21,2	6.6	15.6
	15-15-15	43.9			
	K ₂ SO ₄	17.7			

Genel olarak dekardan 400 kg ayçiçeği verimi için bitkinin topraktan 15 kg N, 10 kg P₂O₅ ve 44 kg K₂O elementlerinin kaldırıldığı rapor edilmektedir (Anonim, 2021). Deneme alanında yapılan toprak analiz sonucu Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’deki değerler, bir dekar alanda alınabilir bitki besin element miktarı olarak hesaplandığında; 10.08 kg P₂O₅ ve 51.2 kg K₂O olarak hesaplanmıştır. Arazinin toprak sonuçlarına göre, 400 kg ayçiçeği verimi için topraktaki P₂O₅ ve K₂O yeterli olduğu belirlenmiştir. Diğer elementlerden ayçiçeğinin ihtiyaç duyduğu miktarlar olan 8 kg.da⁻¹ MgO, 24 kg.da⁻¹ CaO, 84 g.da⁻¹ Fe, 7 g.da⁻¹ Cu, 40 g.da⁻¹ Zn ve 47 g.da⁻¹ Mn elementlerinin de toprakta daha fazla miktarda olmak üzere bulunduğu belirlenmiştir. Azot dozları ve gübre oranının %20 arttırılması için gerekli olan 2 kg P₂O₅ ve 2 kg K₂O ve gübre uygulamasının %40 arttırılması için gerekli olan 4 kg P₂O₅ ve 10.4 kg K₂O üre, 15-15-15 ve K₂SO₄ gübresinden karşılanmıştır. Gübre uygulamalarında taban gübresi ayçiçeği tohumuyla birlikte banda verilmiştir. Uygulanan üst gübreler ise üç seferde damlama sulama ile verilmiştir. Gübreler her parsel için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Gübre uygulamaları kapsamında verilen gübreler miktarları ve bunlara ait besin elementi hesaplamaları Çizelge 2’de verilmiştir. Topraktaki azot miktarı, organik madde dikkate alındığı ve bunun da orta düzeyde olduğundan dolayı normal verim alabilmek için verilecek azotlu gübrenin belirli oranlarda azaltılarak (%20 ve %40) verilmesi planlanmıştır. Topraktaki fosfor ve potasyum miktarları zaten yeterli olduğu için bunlarda azaltma işlemi yapılmamış, gübre miktarlarının arttırılma işlemleri ise azot, fosfor ve potasyum elementlerinde yapılmıştır.

Yaprak örnekleri, her parselden 25 adet olacak şekilde çiçeklenme başlangıcında üst yapraklar sapı ile birlikte alınmıştır. Alınan yapraklar önce çeşme suyu ile daha sonra da saf su ile yıkanarak tozlardan arındırılmıştır. Daha sonra yapraklar 70°C’de 2 gün süreyle oda şartlarında kurutulmuş ve sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Kuru yaprak örneklerinde toplam azot kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965), toplam P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn ve B analizleri mikrodalgada yaş yakma yöntemiyle (0,5 g örnek +2 ml H₂O₂ + 2 ml HNO₃) yapılmış (Kacar ve İnal, 2008) çıkarılan

ekstraktlar ICP-OES cihazında okunmuştur. Elde edilen veriler SPSS programında varyans analizine ve Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

Çizelge 2. Farklı gübre oranlarına göre ayçiçeğine verilmiş olan taban ve üst gübre miktarları

Table 2. Amounts of base and top fertilizer given to sunflower according to different fertilizer rates

Gübre Uygulaması	Gübre adı	Taban ve Üst Gübre Olarak Verilmiş Olan Gübre Miktarları (kg.da ⁻¹)			
		Taban	1. Sefer	2. Sefer	3. Sefer
400 kg.da ⁻¹ verime göre gübre uygulaması	Üre	9.8	9.8	9.8	3.2
Gübre oranının %20 azaltılması	Üre	7.8	7.8	7.8	2.7
Gübre oranının %40 azaltılması	Üre	5.9	5.9	5.9	1.9
Gübre oranının %20 arttırılması	Üre	7.6	11.8	11.8	3.7
	15-15-15	13			
Gübre oranının %40 arttırılması	Üre	5.2	13.7	13.7	4.6
	15-15-15	26			
	K ₂ SO ₄	12.5			
Üreticinin geleneksel gübre uygulaması	15-15-15	43.9			
	K ₂ SO ₄	17.7			

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme alanının toprak özellikleri

Ayçiçeği ekiminden önce deneme alanından toprak örnekleri (0-20 cm derinlikten) alınmış ve bunun analizleri yapılmıştır. Toprak örneğinin analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 3. Some physical and chemical properties of the soil of the research area

Analiz (metot)	Sonuç	Referans
Saturasyon (Su ile doygunluk)	%64.9	(Tüzüner ve ark.,1990)
EC (Saturasyon Çamuru)	0.83 mmhos/cm	(Richards, 1954)
pH (Saturasyon Çamuru)	7.69	(Anonim, 1988)
Kireç (Kalsimetrik)	%20.66	(Anonim, 1988)
Organik Maddde (Walkley Black)	%2.66	(Anonim, 1988)
N (Teorik Hesaplama)	%0.14	(FAO, 1990)
P ₂ O ₅ (Olsen, Spektrofotometre)	10.08 kg da ⁻¹	(FAO, 1990)
K ₂ O (A. Asetat, ICP-OES)	50.8 kg da ⁻¹	(FAO, 1990)
CaO (A. Asetat, ICP-OES)	1.563,2 kg da ⁻¹	(FAO, 1990)
MgO (A. Asetat, ICP-OES)	408.7 kg da ⁻¹	(FAO, 1990)
Fe (DTPA, ICP-OES)	4.900 g/da	(Lindsay ve Norvel, 1969)
Cu (DTPA, ICP-OES)	940 g/da	(Follet, 1969)
Mn (DTPA, ICP-OES)	2.660 g/da	(FAO, 1990)
Zn (DTPA, ICP-OES)	180 g/da	(FAO, 1990)

Araştırma alanının topraklarının özellikleri incelendiğinde; toprakların killi tın tekstürlü, tuz probleminin olmadığı, hafif alkali reaksiyonlu, kireç oranının fazla, organik madde içeriğinin ise orta düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Makro ve mikro besin maddeleri açısından toprak incelendiğinde; Demir, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin yüksek olduğu, azot (N), fosfor (P), potasyum (K), bakır (Cu) ve çinko (Zn) içeriklerinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bitki besin elementlerinden mangan miktarının ise az olduğu saptanmıştır.

Toprağa farklı oranda gübre uygulamanın ayçiçeği verimine ve yapraktaki bitki besin elementi içeriğine etkisi

Ayçiçeği denemesinin kurulduğu toprağa 6 farklı gübre uygulaması yapılarak bitkinin verimi ve yapraklardaki bitki besin elementleri içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerin önemlilik düzeylerine ait sonuçlar Çizelge 4'te, verilere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4. Gübre uygulamaların ayçiçeği verimine ve yapraktaki bitki besin elementleri değişimine ait varyans analiz sonuçları

Table 4. Analysis of variance results of fertilizer applications on sunflower yield and changes in plant nutrients in leaves

Uygulama	Verim	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo
Gübre	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** p<0.01 düzeyinde önemli farklılık

Çizelge 3'ten anlaşılacağı üzere, toprağa farklı oranlarda gübrelerin uygulamasıyla elde edilen ayçiçeği verimi ve yapraklardaki toplam bitki besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B ve Mo) miktarının tümünün üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.01).

Ayçiçeği verimi ve yaprak analizleri sonucu belirlenen toplam bitki besin elementlerinin ortalama miktarları ve bu ortalamaların gruplandırılmalarına ait sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Toprağa farklı oranda gübre uygulamanın ayçiçeği verimi ve yapraktaki bitki besin elementleri önemlilik grupları

Table 5. Significance groups of sunflower yield and foliar plant nutrients of different fertilizer rates applied to the soil

Gübre Uygulamaları	Verim (kg.da ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn	B	Mo	
		%							ppm					
400 kg.da ⁻¹ verime göre uygulama	384c	3.90a	1.20b	6.64b	4.20b	3.85b	1.46a	41.98a	568.82a	30.50a	114.3a	250.01b	2.51a	
%20 azaltma	375d	3.19d	0.58e	4.35d	2.33e	2.52d	0.95c	29.50c	416.90d	21.58c	47.27f	167.08e	2.23c	
%40 azaltma	321.4f	3.56bc	1.14c	6.95a	4.55a	3.80b	1.48a	41.03a	485.15c	31.35a	103.4b	286.03a	2.07d	
%20 arttırma	396.2b	3.70b	0.83d	5.15c	3.38d	3.13c	1.15b	34.10b	502.71b	22.27b	86.48d	185.08d	1.76e	
%40 arttırma	419.6a	3.47c	0.59e	3.48e	2.40e	2.17e	0.74d	18.26d	258.02f	13.65d	59.70e	132.09f	1.47f	
Üretici uygulaması	366e	3.44c	1.38a	5.15c	3.76c	4.56a	1.49a	28.14c	376.32e	32.59a	93.31c	244.14c	2.42b	
Sınır değerleri	400	3-5	0.2-0.5	3-4.5	0.8-2	0.3-0.8	0.2-0.4	30-80	20-249	10-20	25-100	35-100	0.3-1	

Toprağa altı farklı oranda gübre uygulamanın verim üzerine etkilerini incelediğimizde ayçiçeği bitkisinde en yüksek verimi gübre oranının %40 arttırılması daha sonra gübre miktarının %20 arttırılması, 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulaması, gübre oranının %20 azaltılması ve geleneksel gübre uygulaması takip ederken, en düşük verim ise gübre oranının %40 azaltılmasında elde edilmiştir. En yüksek ile en düşük verim arasında 98.2 kg.da⁻¹ (419.6-321.4) verim farkı oluşmuştur. Ayçiçeği üretiminde ülkemiz ortalaması 289 kg.da⁻¹ iken (Anonim, 2020) yaptığımız tüm uygulamalarda elde edilen verim sonuçları bu ortalamanın üzerinde belirlenmiştir. Alınması gereken 400 kg.da⁻¹ verimi geçen uygulama ise gübre oranının %40 arttırılmasıyla 419.6 kg.da⁻¹ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5).

Nasim ve ark.'na (2012) göre 18 kg.da⁻¹ N uygulamasında 312.5 kg.da⁻¹ ile en yüksek verim edildiği bildirilmiştir.

Toprağa farklı oranlarda uygulanan azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübrelerin yapraktaki toplam bitki besin elementlerinden makro elementlerin miktarları üzerine etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Ayrıca bu Çizelge 5'te, çiçeklenme başlangıcında ayçiçeği üst yaprağındaki bitki besin elementlerinin sınır değerleri de verilmiştir (Kaçar, 2008). Azot elementinin en yüksek değeri (%3.9) 400 kg.da⁻¹ verim için önerilen gübre uygulamasında, daha sonra gübre miktarı %20 arttırıldığında (%3.7) elde edilmiştir. En düşük azot miktarı (%3.19) ise gübre uygulamasının %20 azaltılmasından elde edilmiştir. Yapraklardaki azot değerleri ayçiçeği için belirtilen sınır değerleri arasında kalmıştır. Ayçiçeği yaprağında en yüksek fosfor elementi miktarı (%1.38) üreticinin geleneksel uygulamasından elde edilirken bu değeri 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulaması (%1.2) takip etmiştir. En düşük fosfor miktarı (%0.58) ise gübre miktarının %20 düşürülmesinden ve %40 arttırılmasından (%0.59) elde edilmiştir. Yapraklardaki fosfor değerlerinin ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ayçiçeği yaprağında en yüksek potasyum miktarı (%6.95) gübre miktarının %40 azaltılması uygulamasından, daha sonra da 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulamasından (%6.64) elde edilmiştir. En düşük potasyum miktarı gübre miktarının %40 arttırılması uygulamasında (%3.48) elde edilmiştir. Yapraklardaki potasyum düzeyleri sınır değerleri içerisinde ve üzerinde olarak belirlenmiştir. Yapraktaki en yüksek kalsiyum oranının (%4.55) gübre miktarının %40 azaltılması uygulamasından, bunu takiben de 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulamasından (%4.2) elde edildiği tespit edilmiştir. En düşük kalsiyum miktarı ise (%2.33) gübre oranının %20 azaltılmasından ve %40 arttırılmasından (%2.40) elde edilmiştir. Yapraklardaki kalsiyum miktarlarının tüm uygulamalarda ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeği yapraklarında en yüksek magnezyum oranı (%4.56) üretici uygulamasında elde edilirken bu uygulamayı 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulaması (%3.85) ve gübre miktarının %40 azaltılması uygulaması (%3.80) takip etmiştir. Elde edilen en düşük magnezyum miktarı (%2.17) ise gübre uygulamasının %40 arttırılması ile belirlenmiştir. Yapraklardaki magnezyum miktarlarının tüm uygulamalarda ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yapraktaki kükürt miktarlarına bakıldığında, üreticinin geleneksel uygulamalarından (%1.49), gübre miktarının %40 azaltılmasından (%1.48) ve 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulamasından (%1.46) elde edildiği belirlenmiştir. En düşük kükürt miktarına (%0.74) bakıldığında ise bunun gübre uygulamasının %40 arttırılmasından elde edildiği anlaşılmıştır. Yapraklardaki kükürt miktarlarının da tüm uygulamalarda ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Yapraklardaki mikro besin maddeleri olan Zn, Fe, Cu, Mn, B ve Mo elementlerinin içerikleri Çizelge 5'te verilmiştir. Bu elementlerden çinko içeriklerine bakıldığında, 400 kg da⁻¹ verim baz alınarak gübre uygulamasından (41.98 ppm) ve gübre uygulamasının %40 düşürülmesi uygulamasından (41.03 ppm) en yüksek çinko değerleri elde edilmiştir. En düşük çinko miktarı (18.26 ppm) ise gübre miktarının %40 arttırılmasından elde edildiği ve bu değer de çinko için verilen sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Yaprakta en yüksek demir miktarı 568.82 ppm ile 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulamasından, en düşük demir miktarı ise 258.02 ppm ile gübre oranının %40 arttırılmasından elde edilmiştir. Yapraklardaki demir miktarlarının tüm uygulamalarda ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yapraktaki bakır oranını en yüksek seviyeye çıkaran uygulamalar sırasıyla, üreticinin geleneksel uygulamasından (32.59 ppm), gübre miktarının %40 düşürülmesinden (31.35 ppm) ve 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulanmasından (30.50 ppm) elde edilmiştir. En düşük bakır değeri ise 13.65 ppm ile gübre miktarının %40 arttırılması uygulamasından elde edilmiştir. Yapraklardaki bakır miktarlarının tüm uygulamalarda ayçiçeği için belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek mangan miktarının (114.3

ppm) 400 kg da⁻¹ verime göre gübre uygulamasından elde edildiği, en düşük değerin (47.27 ppm) ise gübre uygulamasının %20 azaltılmasından elde edildiği anlaşılmıştır. Yapraklardaki mangan düzeylerinin bildirilen sınır değerleri içerisinde ve üzerinde olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamasının %40 düşürülmesinde bor elementinin en yüksek miktarı (286.03 ppm) elde edilirken, en düşük bor miktarı (132.09 ppm) ise gübre uygulamasının %40 arttırılması uygulamasından elde edilmiştir. Yapraklardaki bor düzeylerinin bildirilen sınır değerleri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yapraktaki molibden miktarına bakıldığında, 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulamasında en yüksek değere (2.51 ppm) ulaşırken, en düşük molibden miktarı (1.47 ppm) gübre uygulamasının %40 arttırılmasında elde edilmiştir. Yapraklardaki molibden düzeyleri de bildirilen sınır değerleri üzerindedir.

Toprağa farklı oranda gübre uygulamanın yapraktaki azot miktarına etkisini değerlendirdiğimizde tüm sonuçların bu değerler arasında yer aldığı görülmektedir. Yapraktaki en yüksek azot miktarı 400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulaması ile (15 kg.da⁻¹ saf azot) yaprakta %3.9 azot elde edilirken en düşük miktar ise gübre miktarının %20 azaltılması uygulamasında (9 kg da⁻¹ saf azot) %3.19 elde edilmiştir. Yapraktaki analiz sonuçlarına baktığımızda en yüksek ve en düşük iki uygulama arasında yapraktaki N miktarı %18.2 oranında azalmıştır. Fosfor elementinin yapraktaki sınır değeri %0.25- 0.5 arasındadır. Uygulamalardan sonra alınan bitki yapraklarında fosfor miktarı tüm uygulamalarda bu sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Gübre miktarının %20 azaltılması (%0.58) ve %40 arttırılması uygulamalarında (0.59) elde edilen rakamlar fosforda üst sınır değeri olan %0.5 en yakın olan uygulama sonuçlarıdır. Çiçeklenme başlangıcında ayçiçeği bitkisinde potasyum elementine ait sınır değeri %3-4.5'dir. Gübre uygulamaların %20 azaltılması (%4.35) ve gübre uygulamaların %40 arttırılması (%3,48) hariç tüm uygulamalar %4,5 oranından yüksek bulunmuştur. En yüksek potasyum oranı gübre miktarı %40 azaltıldığında (%6.95) elde edilmiş ve bu uygulama ile potasyumun üst sınır değeri olan %4.5 oranından %54.4 daha fazla potasyum belirlenmiştir. Kalsiyum elementi için sınır değeri %0.8-2'dir. Gübre uygulamaların tümünde kalsiyum elementi oranı %2'den daha fazla belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının %20 azaltılması (%2.33) ve %40 arttırılması uygulamalarında (%2.40) en düşük Ca oranı gübre oranı %40 azaltıldığı durumda ise en yüksek kalsiyum oranı elde edilmiş (%4.55) ve bu değer kalsiyum üst değeri olan %2'den %127.5 daha fazladır. Magnezyum elementi için belirlenen sınır değeri %0.3-0.8'dir. Tüm uygulamalar %0.8 değerinden yüksek bulunmuştur. En yüksek magnezyum oranı üretici uygulamasında elde edilmiş (%4.56) ve üst sınır değeri olan %0.8 değerinden %470 daha fazladır. Yaprakta kükürt elementi için sınır değeri %0.2-0.39'dur. Yapılan uygulamaların hepsinde elde edilen değerler verilen sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. En yüksek olan değer ile (%1.49) en düşük değer (%0.74) arasındaki fark %50.3'dür. Çinko elementi için sınır değeri 30-80 ppm'dir. Gübre miktarı %20 azaltıldığında (29.5 ppm), %40 arttırıldığında (18.26 ppm) ve üretici uygulamalarında (28.14 ppm) elde edilen çinko oranları sınır değerinin altında diğerleri ise bu değerlerin arasında bulunmaktadır. Demir elementi için sınır değeri 20-249 ppm'dir. Yapılan tüm uygulamalarında elde sonuçlar 249 ppm'den yüksek bulunmuştur. Bakır elementinin sınır değeri 10-20 ppm'dir. Gübre uygulamasının %40 arttırılması uygulaması (13.65 ppm) hariç tüm değerlerin 20 ppm değerinden büyüktür. En yüksek değer (32.59 ppm) ile en düşük değer (13.65 ppm) arasında %58.1'lik fark oluşmuştur. Mangan elementinin sınır değeri 25-100 ppm'dir. 400 kg.da⁻¹ verim için gübre uygulaması (114.3 ppm) ve gübre uygulaması %40 azaltılması (103.4 ppm) uygulamaları 100 ppm değerinden büyükken, diğer uygulamalarda elde edilen veriler bu değerlerin arasında kalmıştır. Ayçiçeği yaprağındaki bor elementi konsantrasyonu 35-100 ppm'dir. Yapılan uygulamaların hepsinde elde edilen değerler 100 ppm'den fazla belirlenmiştir. En yüksek bor miktarı gübre uygulamasının %40 azaltılmasında elde edilmiş (286.03 ppm) ve değer bor için üst limit olan 100 ppm üst sınır değerinin %186 oranında bor fazlalığı tespit edilmiştir.

Çiçeklenme başlangıcında ayçiçeği yaprağında bulunması gereken molibden miktarı 0.3-1 ppm'dir. Uygulamalar sonucunda elde edilen tüm sonuçlar 1 ppm değerinden yüksek bulunmuştur. En yüksek molibden elementi miktarı 400 kg da-1 verime göre gübre uygulamasında elde edilmiş (2.51 ppm) ve bu değer 1 ppm üst sınır değerinden %151 daha fazladır.

Çizelge 5 incelendiğinde bitkide bitki besin elementlerinin yarayırlılığını arttıran uygulama 400 kg.da⁻¹ verime göre toprağa yapılan gübre uygulamasıdır. 400 kg.da⁻¹ verime göre toprağa yapılan gübre uygulamasında ayçiçeği yaprağında yapılan 12 bitki besin elementi analizinde N, S, Fe, Cu, Mn ve Mo yeterli ve fazla gurubuna girerken P, K, Ca, Mg ve B elementleri ikinci guruba girmiş olmasına rağmen elde edilen değerler sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Çinko ise uygulamalardan gübre miktarının %20 azaltılarak, %40 arttırılarak ve üretici uygulamalarında yapraklardaki sınır değer altında kalmıştır. Bunun nedenlerinin arasında fazla makro element (özellikle fosfor) uygulaması ve çiftçi gübre uygulamasının genellikle fazla olması nedenlerinden dolayı çinko alımının olumsuz etkilendiği düşünülmektedir. Deneme kurulan arazinin toprak analiz sonucu incelendiğinde toprağın bitki besin elementlerince yeterli olması ayçiçeği veriminin yüksek olmasında önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Aynı bölgede farklı bir bitkide (mısır) yapılan bir çalışmada (Öner ve Öner, 2023), mısırın 950 kg.da⁻¹ verimine göre gübre uygulaması, bu gübre miktarının %40 azaltılması, %40 arttırılması ve üretici uygulaması sonuçları incelenmiş, uygulamalardan sonra mısır yaprağındaki bitki besin elementlerinden N, K, Ca, Mg, Fe, S, Cu, Mn miktarlarının en yüksek düzeylerinin üretici uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Bitki yaprağında toplam N elementi üretici uygulaması hariç diğer üç uygulamada elde edilen değerler sınır değerinin altında belirlenmiştir. Bitkideki P elementi miktarı gübre uygulamasının %40 arttırılması ve azaltılması uygulamaları hariç sınır değerlerinin içinde belirlenmiştir. K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn ve B elementleri tüm uygulamalarda sınır değerleri arasında belirlenirken, Fe ve Mo ise tüm uygulamalarda sınır değerinin üzerinde belirlenmiştir.

Değişik uygulamalar (400 kg.da⁻¹ verime göre gübre uygulaması, bu gübre miktarının %20-40 azaltılması, %20-40 arttırılması ve üretici uygulaması) sonucu ayçiçeği verimi ve gübre maliyetleri çıkarıldıktan sonraki verim hesaplanmış, daha sonra uygulanan gübrelerin maliyeti ile elde edilen ayçiçeğinin fiyatı Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Gübre maliyetleri çıkarıldıktan sonra net verim

Table 6. Net yield after subtracting fertilizer costs

Gübre uygulamaları	Verim (kg.da ⁻¹)	Gübre maliyeti* çıkarıldıktan sonra verim (kg.da ⁻¹)	Uygulanan gübrelerin TL olarak değeri		Ayçiçeği karşılığı (kg)	
			Üre	15-15-15 K ₂ SO ₄		
400 kg.da ⁻¹ verime göre	384	365.9	32.6		18.1	
Gübrenin %20 azaltılması	375	360.5	26.1		14.5	
Gübrenin %40 azaltılması	321.4	310.5	19.6		10.9	
Gübrenin %20 arttırılması	396.2	368.3	34.6	15.6	27.9	
Gübrenin %40 arttırılması	419.6	367.8	37	31.2	25	51.8
Üretici uygulaması	366	299.3	32	52.68	35.4	66.7

*üre: 1 TL.kg⁻¹, 15-15-15: 1.2 TL.kg⁻¹, K₂SO₄: 2 TL.kg⁻¹, ayçiçeği: 1.8 TL.kg⁻¹ (2016 tarihinde denemenin kurulduğu zaman fiyatları)

Çizelge 6'da görüleceği gibi 2016 yılında her deneme parselinde kullanılan gübre miktarına ve 2016 yılındaki birim gübre fiyatları dikkate alınarak gübre maliyetleri belirlenmiştir. Belirlenen gübre maliyetleri ayçiçeğinin 1 kg fiyatı 1.8 TL olması nedeniyle 1.8'e bölünerek gübre masrafına karşılık gelen ayçiçeği miktarı belirlenmiştir. Gübre maliyeti içinde olan verim miktarından ve parseller için hesaplanan ayçiçeği miktarı düşülmüş ve gübre maliyeti olmadan net ayçiçeği verimi belirlenmiştir.

Veriler incelendiğinde, gübre maliyeti düşürülmeden en yüksek verimin gübre miktarının %40 arttırılmasından elde edilirken (419.6 kg.da^{-1}), bu değer gübre maliyetlerinin düşürülmesinden sonra 2. sıraya düşmüştür (367.8 kg da^{-1}). Bunun yanında, 400 kg.da^{-1} verime göre gübre uygulaması ve gübre miktarının %20 azaltılması uygulamalarından elde edilen verimlerin sıralamaları değişmemiştir. Üretici uygulamasında ise gübre maliyetleri düşürülmeden elde edilen verim 5. sırada iken maliyetler düşürüldükten sonra bu sıra 6'ya gerilemiştir. Gübre maliyetleri düşürüldükten sonra uygulamanın %20 arttırılması elde edilen en yüksek verim ile (368.3 kg.da^{-1}) üretici uygulamasıyla elde edilen en düşük verim (299.3 kg.da^{-1}) arasında 69 kg.da^{-1} fark oluşmuştur.

Gübre bayilerinde 06.01.2022 tarihi itibarıyla gübre fiyatı; üre $14.000,0 \text{ TL.ton}^{-1}$, 15-15-15 $10.000,0 \text{ TL.ton}^{-1}$ ve K_2SO_4 ise $22.000,0 \text{ TL.ton}^{-1}$ 'dir. 06.01.2022 tarihi itibarı ile Edirne Ticaret Borsasındaki ayçiçeğin fiyatı $9.300,0 \text{ TL.ton}^{-1}$ 'dir (Anonim a, 2022). Ayçiçeği hasadının yapıldığı 26.09.2016 tarihinde 1 ABD doları 2.9846 TL (Anonim, 2016), 06.01.2022 tarihinde ise 1 ABD doları $13,3687 \text{ TL}$ 'dir (Anonim b, 2022).

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, dolar kurundaki artış ve dolayısıyla gübre fiyatlarının artışı da dikkate alındığında 2016 yılına göre 1 kg üre gübresi fiyatı 0.85 TL 'den 14 TL 'ye (16.47 kat), 1 kg 15-15-15 gübresi 0.96 TL 'den 8.6 TL 'ye (8.95 kat) ve 1 kg KNO_3 gübresi 3.2 TL 'den 20 TL 'ye (6.25 kat) artış olduğu gözlenmiştir.

SONUÇ

Ayçiçeğinin farklı gübre uygulamaları sonucunda, yapraktaki alınan besin elementlerinin Zn dışında çoğunun (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B ve Mn) sınır değerleri arasında veya üzerinde bulunması bitkinin beslenmesinin yeterli olduğunu göstermektedir. Çinkonun da sadece gübrenin %40 arttırıldığı uygulamada düşük çıkması dışında bitkinin beslenme sorunu olmadığı belirlenmiştir. Bu durumun aşırı gübrelemenin özellikle de fazla fosforlu gübrelemenin ve topraktaki fazla kireç (%20.66) miktarının çinko alımını olumsuz etkilediğinden kaynaklandığı düşünülmekte olup, bu durumun önceki araştırma bulgularıyla paralellik gösterdiği de anlaşılmaktadır (Topcuoğlu ve Yalçın, 1996; Demirkıran, 2009).

Girdi maliyetlerinin en önemli bileşeni olan gübrelerin doğru çeşit ve miktarlarda kullanılabilmesi için üreticilerin toprak analizi ve onu destekleyen bitki analizleri yaptırarak verilen gübreleme programını uygulaması gerekmektedir. Çünkü geleneksel olarak yapılan üretici uygulaması ve gübre miktarının %20, %40 arttırılması gibi tarımsal üretim açısından yanlış miktarda ve çeşitte gübre kullanılması ciddi ekonomik kayıplara neden olacaktır. Yapılan çalışma sonucu toprak analizleri sonucunda N hariç toprakta yeterli miktarda element bulunması nedeniyle 400 kg.da^{-1} verime göre toprağa sadece azotlu gübre kullanılarak yapılan gübreleme programının verim ve yapraktaki bitki besin elementleri miktarları için yeterli olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1988. Türkiye Gübreler ve Gübreleme Rehberi. T.C.T.O.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No:151.

Anonim, 2016. <https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201609/26092016.xml> (06.01.2022)

- Anonim, 2020. Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tarım Havzaları Daire Başkanlığı, Ürün Masaları, Ayçiçeği Bülteni Sayı;11 Sayfa;2, Ankara.
- Anonim, 2021. <http://www.paroisse-verneuil-vernouillet.78.catholique.fr/images/IFA/crops/sunflow.htm> (06.01.2022)
- Anonim a, 2022. <http://www.etb.org.tr/tr/index.html> (06.01.2022)
- Anonim b, (2022). <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+page+site+area/bugun/> (06.01.2022)
- Abdel-Motagally, F.M.F., Osman E.A., 2010. Effect of Nitrogen and Potassium fertilization Combinations on Productivity of Two Sunflower Cultivars under East of El-ewinate Conditions. American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci., 8 (4): 397-401.
- Bremner, J.M., 1965.Total Nitrogen, Method of Soil Analy., Part. 2, Amer. Soc of Agr. inc., P:1149-1178, USA.
- Bozkurt, M.A., Karaçal, İ., 2000. Farklı Azotlu Gübre Doz ve Formlarının Ayçiçeğinde Besin Elementi İçeriğine Etkileri, Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (1), 99-105
- Demirkiran, A. R. (2009). Corn Grains from Different Growing Site. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(8), 1563-1567.
- Ertiftik, H., Zengin M., 2015. Effects of Increasing Rates of Potassium and Magnesium Fertilizers on the Nutrient Contents of Sunflower Leaf. Selcuk J. Agr. Food Sci., 29(2):51-61.
- FAO, 1990. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study.FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.
- Follet, R.H., 1969. Zn. Fe. Mn and Cu in Colorado Soils. Ph.D. Dissertation. Colo. State Univ.
- Herdem, E., 1999. Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinde Azot (N) Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Tepkisi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki analizleri. Nobel yayı, no;1241.
- Kasap, Y., 1994. Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Farklı Azot Düzeylerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1969. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. Soil Sci. Am. Proc., 35:600-602.
- Malik, A.M., Saleem, F.M., Sana, M., Rehman, A., 2004. Suitable Level of N, P and K for Harvesting the Maximum Economic Returns of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal Of Agriculture & Biology, 240-242.
- Nasim, W., Ahmad, A., Bano, A., Olatinwo, R., Usman, M., Khaliq, T., Wajid, A., Hammad, H.M., Mubeen, M., Hussain, M., 2012. Effect of Nitrogen on Yield and Oil Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids under Sub Humid Conditions of Pakistan. American Journal of Plant Sciences, 3, 243-251.
- Öner, N., & Öner, F. (2023). Geleneksel ve Analize Dayalı Kimyevi Gübre Uygulamasının Mısır Verimi ve Yaprakta Bitki Besin Elementleri İçeriğine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1), 71-79. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1063250>
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. Agriculture Handbook, No:60.
- Sarıkaya, Y., 2016. Bursa Şartlarında Potasyumun Ayçiçeğinin Verimine ve Bazı Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Topcuoğlu, B., & Yalçın, S. R. (1996). Azotlu ve Fosforlu Gübrelemenin Ispanak Bitkisinin Spinaceae oleraceae L. Bazı Makro ve Mikro Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. Journal of Agricultural Sciences, 02(02), 39-48. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000660
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su analiz Laboratuvarları Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, s; 1-3.

Immune System and Nutrition in Fish

Naime Filiz KARADAŞ^{1*} 

¹ Atatürk University, Faculty of Fisheries, Erzurum, Turkey

Correspondence

¹ Atatürk University, Faculty of Fisheries, Erzurum, Turkey

Email: filizkaradas66@gmail.com

Özet

Fish have a complex immune system consisting of various defense mechanisms to protect their bodies from disease-causing organisms and external threats. While fish's immune system shares some similarities with that of humans, it also has some differences. Understanding and researching the immune system of fish in recent years has become crucial for combating infections in both natural habitats and fish farms. The health of fish depends not only on environmental factors but also on the strength of their immune systems. In fish farms, the risk of infectious diseases spreading increases due to high fish density and limited living spaces. Therefore, fish producers employ various methods to strengthen the immune system of fish. Immunostimulants play a significant role in this context. These compounds, which stimulate both specific and non-specific immune systems in fish, can enhance resistance to infectious diseases. The immune system of fish can vary depending on species and environmental conditions. Factors such as nutrition, stress, water temperature, and water quality can affect the immune system of fish. Thus, in situations like fish farming or aquarium maintenance, measures such as maintaining proper water conditions, providing balanced nutrition, practicing hygiene, and implementing disease prevention strategies should be taken into account to support the health of fish.

Keywords: Fish, Immune system, Nutrients, Immunonutrition

INTRODUCTION

Immune system in fish

Knowledge of immune defenses is remarkably advanced in mammals, and this knowledge is generally taken as a basis for comparative studies in other vertebrates. This is mainly due to the similarity in the anatomical and functional organization of the immune system among vertebrate species. However, in recent years some difficulties have emerged in transferring the experimental knowledge in immunology acquired in mammals to ectothermic vertebrates, particularly in fish. These difficulties originated from the increasing number of fish species investigated, each one living in a unique environment and thus requiring unique handling conditions, from the use of outbred species with high genetic variability in immune responses and, mainly, from the lack of markers for cellular and molecular components of the immune system (Randelli et al., 2008). Since fish are cold-blooded animals, their immune properties are quite different from mammals. Cold-blooded animals change their body temperature depending on their external environment. This requires them to adjust their metabolism and behavior according to temperature changes. The mammalian immune system includes specialized organs such as bone marrow and lymph nodes. Bone marrow is a place where white blood cells are produced and matured. Lymph nodes, on the other hand, are regions where immune cells interact and pathogens are recognized. In fish, these organs are either absent or very limited. Therefore, the immune system of fish relies on different mechanisms than that of mammals (Press and Evensen, 1999). Among the factors that significantly affect the immune system of fish are the physical and

chemical characteristics of the aquatic environment. Careful management of these factors in fish farming or natural habitats is of critical importance for maintaining the health and immune system of fish (Altınterim, 2011).

The immune system of vertebrate animals encompasses both acquired immunity and innate immunity responses. The first line of defense against infection occurs through innate immunity and this process occurs independently of antibodies. Unlike acquired immunity, innate immunity is faster and does not necessitate prior exposure to pathogens. Various proteins that serve as opsonins to neutralize pathogens have direct antibacterial activity (Epstein et al., 1996; Sumyia and Summerfield, 1997). The immune system in fish includes a range of factors that prevent infections and enable the body to respond to infections. Among these factors are natural immune cells, the complement system, interferons, antiviral proteins, and many other molecules and mechanisms. The natural immune system of fish plays a crucial role in defending the body against infections and combating diseases. The combination of these factors is critical in providing fish with resistance to infections (Aoki and Neurosci, 1992).

Like other vertebrates, fish also divide their immune system into two main categories: non-specific (innate) and specific (adaptive) immunity. The primary defense mechanism of fish relies on the non-specific immune system. This system can subpart respond rapidly without the need for the recognition of antigens (foreign substances). This means that infections can be quickly controlled. The non-specific immune system protects the body against pathogens (microorganisms such as bacteria, viruses, and fungi) while showing relatively less variation depending on body temperature. This contributes to the ability of fish to tolerate different water temperatures. Despite these advantages, the non-specific immune system may be inadequate against some infections that require a more specific and customized response. Therefore, in some fish species, the specific immune system has also developed, and they can generate acquired immune responses. The immune systems of fish are formed through a combination of specific and non-specific immune mechanisms, allowing them to mount highly effective defenses against various infections (Ellis, 2001).

The immune system, due to this complexity, is divided into subparts. These subparts are referred to as specific/non-specific immunity, acquired immunity/innate immunity, or even mucosal/systemic immunity (Timothy, 2008). In recent years, immunological research in fish has been primarily divided into two main areas. Firstly, developmental and comparative studies have led to a better understanding of the functional and structural evolution of the immune system from fish to invertebrates and then to mammals. Fish provide an interesting model to study the interaction between the innate and adaptive components of the immune system, and a significant delay often occurs between the onset of infection and the emergence of adaptive responses. The second significant aspect encompasses the financial requirements of the aquaculture industry. The growth of the aquaculture sector worldwide over the past decade has made it necessary to obtain comprehensive information about the immune systems of commercially important fish species. There are two reasons for this demand: to optimize the natural immune defense system of fish under culture conditions and to advance fish stock selection, as well as to develop and proliferate protective measures such as probiotics and vaccines (Magnadottir, 2010).

Immunity in fish comes in two forms: 1) Innate immunity and 2) Adaptive immunity. Innate immunity is known as the body's ability to naturally recognize signals from substances that are inherently foreign and dangerous. This system recognizes the protein structures of bacteria, fungi, and disease-causing compounds using a limited number of patterns. These patterns are specific to compounds found on the surface of

microorganisms, such as glycoproteins and lipopolysaccharides (Arda et al., 2002). Adaptive immunity: Unlike the response mechanisms of innate immunity, adaptive immunity is a component of the immune system in which cells like lymphocytes carry specific receptors. These receptors can recognize various substances produced by microorganisms and even non-infectious molecules. Adaptive immunity is characterized by the ability to develop a specific response to the body and its ability to create specific mechanisms to combat different types of microorganisms (Abbas and Lichtman, 2007).

It emphasizes the complexity and adaptability of the immune system. Innate immunity is based on the organism's genetic traits and the evolutionary history of the species and is shaped over time by interactions with environmental factors and pathogens. This illustrates how versatile and dynamic the body's self-defense capability is. Thanks to its ability to adapt to environmental changes, the immune system can develop more effective defenses against infections and can adapt evolutionarily appropriate responses. Therefore, the immune system provides an important evolutionary advantage in supporting the survival and resistance of animals to various infections (Janeway and Medzhitov, 1998; Carroll and Janeway, 1999; Du Pasquier, 2001, 2004; Alvarez-Pellitero, 2008). During the processes of development and growth, various systems within the bodywork to ensure the organism's healthy and balanced growth. At the same time, even when external or internal stress factors such as inflammatory reactions or tissue damage occur, the organism strives to maintain this balance (Magnadottir, 2010). Innate immunity encompasses the natural defense mechanisms of an organism and forms the first line of defense against infections with rapid responses. Macrophages and monocytes are essential cell types that recognize foreign substances entering the body and act to destroy them. Granulocytes are directed to sites of inflammation and infection, aiding in the destruction of pathogens in infected areas. Additionally, humoral elements like lysozyme and the complement system are significant components of the innate immune system. Lysozyme is an enzyme used to eliminate bacteria, while the complement system consists of a series of proteins and protein complexes that initiate natural killing mechanisms against pathogens. When these components come together, they assist the organism in developing rapid defenses against infections and help cope with diseases. The innate immune system is a crucial defense line that regulates the immune responses of the organism and provides protection against pathogens (Secombes and Fletcher, 1992; Magnadottir, 2006). Phagocytosis is an important component of innate immunity, especially in organisms like fish, against pathogens such as bacteria, viruses, and parasites, and it is used in the fight against these pathogens. Phagocytosis works by engulfing and destroying pathogens. Additionally, different pathways like the alternative, lectin, and classical pathways can lead to various outcomes, including the formation of the membrane attack complex and cell lysis, or they can involve the activation of the adaptive immune response through the opsonization of the pathogen. These processes can help diversify the organism's defense strategies against pathogens and facilitate adaptation. Furthermore, enhancing phagocytosis through the classical pathway can trigger the activation of the adaptive immune response. In conclusion, phagocytosis and these different immune pathways are essential components of the organism's defense mechanisms against pathogens and are intricately regulated by the immune system (Nonaka and Smith, 2000; Boshra et al., 2006).

This explanation emphasizes that adaptive immunity is an immune mechanism used by the organism to develop a more effective response against specific pathogens. Adaptive immunity initiates a response when the organism encounters a specific pathogen for the first time and provides a stronger response upon re-encountering the same pathogen. This allows the immune system to develop a more effective defense mechanism against pathogens.

Additionally, it mentions that the activation of the adaptive immune system involves processes such as the selection of specific receptors, cellular proliferation, and protein synthesis. These processes may take time but have long-lasting effects in regulating the immune response. In conclusion, adaptive immunity is a crucial component of the immune system, enhancing the complexity and effectiveness of the organism's immune response (Dixon et al., 1995; Du Pasquier, 2000; Harding and Neefjes, 2005; Huttenhuis et al., 2005; Randelli et al., 2008).

Immunonutrition

Fish health is closely related to what they eat, or more specifically, how they are fed in the context of aquaculture. Proper feed and feeding regimes are of utmost importance for the health of fish. While fish nutrition and fish immunity have existed as separate fields since the early 1960s, it was only in the late 1980s that the scientific community began to merge these two areas. The past decade has witnessed a rapid increase in research in this field, driven not only by interdisciplinary efforts and the availability of modern genomic tools but also by a better understanding of preventive health measures and the central role of feeds in maintaining the health of fish. Current knowledge about the immune responses of fish to nutrients, feed ingredients, or additives is based on a limited number of selected substances (Kiron 2012).

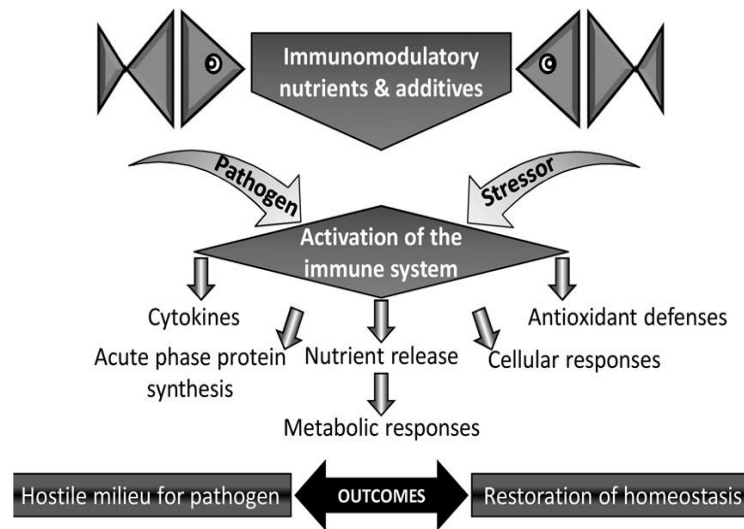


Figure 1. The concept of immunonutrition in preventive health (Kiron 2012).

Nutrients

Nutrients can influence fish health and their immune systems in ways that can enhance their resistance to infections. Specific nutrients like vitamin C, vitamin E, and lipids are known to have positive contributions to fish health. A deficiency in these nutrients can have adverse effects on fish health and weaken their immune systems. Therefore, the aquaculture and seafood industries should focus on carefully managing fish nutrition and ensuring the provision of these essential nutrients. In conclusion, nutrients play a critical role in maintaining fish health and their immune systems, making this a matter of significant importance. According to Hardy (2001), This description emphasizes that vitamin C plays a role in various processes by

affecting biological metabolism, particularly regulating steroid and collagen formation. Vitamin C is an important vitamin for the organism and contributes to many vital functions.

Vitamin C deficiency can lead to a range of negative health effects. These effects include growth problems, loss of appetite, and poor feed utilization, among nutrition-related issues. Additionally, it can cause more serious health problems such as pigment deficiency, anemia, spine deformities, and organ hemorrhages. Therefore, it is important to ensure an adequate intake of vitamin C within a balanced diet (Blazer and Wolke, 1984a).

Vitamin E emphasizes its importance for both marine and freshwater fish. This importance is particularly associated with its antioxidant properties because these properties can prevent the oxidation of unsaturated fatty acids. Furthermore, it can promote cell proliferation in immunogenetic organs, increase the number of antibody-producing plasma cells, stimulate helper T lymphocytes, and enhance phagocytic activity. This can, in turn, affect both humoral (related to body fluids) and cellular immune responses.

The various effects of Vitamin E point to its positive contributions to the immune system of fish, underscoring the importance of having an adequate amount of vitamin E in their diets. This is a vital factor in maintaining fish health and making them more resilient against infections (Tacon, 1985).

Proteins, amino acids

Proteins provide the essential amino acids required for the proper functioning of animals' bodies. They also serve as the source of nitrogen needed for the synthesis of these amino acids and contribute to the formation of nitrogen-containing compounds used in important biochemical processes in the body. Therefore, dietary proteins are considered a critical component for the growth, energy production, and overall health of animals (Young, 2000). The deficiency of protein and amino acids can adversely affect the normal protein production capability of cells and ultimately render these cells non-functional. Fish, in particular, require approximately ten essential amino acids for the proper functioning of their bodies. This highlights how critical it is for their healthy growth and functionality to obtain these essential nutrients. Additionally, this sentence alludes to a general biological principle by indicating that other living organisms also have a similar need for amino acids and proteins (Hardy, 2001). Feeds based on high-quality fish meal are effective in providing the amino acids that fish require. However, when the amino acid content from alternative sources replacing fish meal in feeds is insufficient, the health and growth of fish can be jeopardized.

This is particularly important in the field of fish farming and aquaculture because the quality of fish feeds directly impacts the productivity and health of the cultivated fish. Therefore, fish feed producers and fish farmers should be cautious in developing and using suitable feeds that meet the nutritional requirements of fish (Tacon, 1995).

Amino acids play a significant role in the synthesis of various important proteins, including components of the immune system such as antibodies. While certain amino acids, particularly arginine, glutamine, and cysteine, may have received more attention in terms of nutrition and immunity, other amino acids also play a crucial role in maintaining immune competence and preserving resistance to diseases. Imbalances or antagonisms among amino acids can hinder the effective utilization of nutrients and have a negative impact on immune organs and responses. Therefore, proper nutrition and maintaining the balance of amino acids are of critical importance for a healthy immune system (Li et al., 2007).

Lipids, fatty acids

Lipids serve as both an energy source and fulfill the requirements of essential fatty acids (EFA). Vertebrates like fish require precursor fatty acids or their highly unsaturated metabolic derivatives in their diets. When we examine the effects of various polyunsaturated or monounsaturated fatty acids on immune functions in mammals, these fatty acids can influence the immune system through various mechanisms. The increased use of alternative lipid sources, especially vegetable oils, in response to the decrease in marine resources, has led to a reduction in natural essential fatty acid sources in fish feeds. These changes can challenge the physiological mechanisms of fish, especially in carnivorous fish species, and may impact immune functions (Kiron et al., 1995, 2011; Bell et al., 1996; Montero et al., 2008).

Antioksidan micro nutrients

The content of antioxidant micronutrients, including vitamins A, C, and E, carotenoids, and various minerals, especially selenium, zinc, copper, manganese, and iron, is emphasized. These nutrients possess important antioxidant properties that are crucial for the health of fish.

It is mentioned that fish feeds typically contain these vitamins and minerals, aiding in meeting the nutritional requirements of fish. However, in aquaculture, it is noted that there may be deficiencies in these nutrients, necessitating supplementary feeding. This is particularly important in situations where fish cannot obtain these nutrients directly, such as in aquarium environments or natural habitats (Hardy, 2001). It is known that incorrect feeding practices, feed production errors, and storage conditions can lead to nutrient deficiencies. Furthermore, research has shown that the stability of micronutrient substances such as vitamins and carotenoids can be affected by the extrusion process used during feed production. This information emphasizes the importance of proper feed production, storage, and feeding practices in fish farming and aquaculture. Incorrect feed production or storage conditions can prevent fish from obtaining essential nutrients and may lead to health issues, underscoring the need for careful attention to these aspects. Additionally, studies have highlighted how crucial feed production processes are in preserving the stability of the nutrients they contain (Riaz, 2000; Anderson and Sunderland, 2002).

Supplements

Additives are substances intentionally added to feeds and have various functions such as regulating the immune system, alleviating stress, or preventing pathogens. These substances have been evaluated and approved by the European Food Safety Authority (EFSA). These additives have the potential to influence the natural defense mechanisms of fish, and it is noted that this can occur through their direct effects on cell receptors or their effects on genes associated with the immune system. Therefore, these additives are typically incorporated into feeds, especially during stressful aquaculture processes such as sorting, transfer, vaccinations, or critical life stages. This practice helps animals become more resistant to pathogens and maintain good health (Bricknell and Dalmo, 2005).

Protective nutrition

The feeding habits and immune system of fish involve a complex array of different physiological processes occurring in various organs at different regulatory levels. These processes encompass various aspects such as the intake, absorption, metabolism of nutrients, and the regulation of immune responses. Additionally, feeds are complex mixtures containing different nutrients, which elicit various physiological responses to

support processes like growth, energy production, immune function, and overall health in fish. Therefore, the interaction between nutrition and the immune system entails a multitude of physiological processes and has a significant impact on fish health (Panserat and Kaushik, 2010).

Dietary immunomodulation has significant potential in aquacultural production for preventing or treating diseases. It involves optimizing immune function and resistance to diseases by adding nutrients and non-nutritive immunostimulatory compounds to diets. If consistent reductions in mortality rates can be demonstrated, this approach can be cost-effective. However, further research is needed in this field. Particularly, questions regarding the diversity of fish and pathogen species, the amount of nutrients and non-nutritive immunostimulatory compounds needed for protection, and the duration of different treatments need to be addressed using standardized protocols. This way, we can better understand how to effectively utilize dietary immunomodulation in aquacultural production (Delbert, 2003).

The effects of nutrition on disease resistance mechanisms and the potential effects of these effects on the incidence and severity of infectious diseases are quite important. Various nutrients, such as vitamins, minerals, and fatty acids, are mentioned to play a role in increasing disease resistance. It is stated that there is potential for the diet to enhance disease resistance, but there are still many questions to be answered in this area. An important point emphasized is that feeds that promote high growth may not necessarily guarantee the optimal immune response. In other words, using feeds that only stimulate growth may not be sufficient to enhance fish resistance to diseases. Therefore, nutrition strategies need to be carefully planned to increase disease resistance (Blazer, 1982; Blazer and Wolke, 1984b; Blazer et al., 1989). In such cases of "marginal deficiencies," fish may continue to grow, appear healthy, and show no apparent signs of histopathological problems. However, a significant decrease in disease resistance mechanisms is observed. In many instances, while the effects on mortality may be evident, the exact mechanism(s) of these effects have not yet been fully understood. To effectively utilize feeds for enhancing disease resistance, we need more information about the pathogenesis of significant infectious diseases, the protective responses involved in resistance to individual diseases, and the interactions among various dietary components (Blazer, 1992).

Intestinal immunity

Aquaculture is a sector that includes the cultivation of fish, shellfish, and other aquatic products, offering consumers high-protein and nutritious seafood. It is considered a critical resource for meeting the nutritional needs of the global population and plays a significant role in food security. Moreover, with the increasing demand for natural seafood products, aquaculture is becoming even more crucial in fulfilling this requirement (Dawood, 2016). Protein, fat, fiber, energy, as well as mineral and vitamin contents, are fundamental factors that can influence the balance between gut microbiota and intestinal health. Therefore, a balanced diet is important to support gut health and help the body maintain the balance between these two crucial components (Francis et al., 2001). This statement highlights that the formulation of aquaculture feeds is based on plant and animal protein sources that have been investigated locally for their contribution to intestinal health. The composition of these feeds can impact intestinal health through various mechanisms, including intestinal morphology, microbial diversity, intestinal barriers, oxidative status, and digestive enzyme activity.

As a result, the components of aquaculture feeds can have a significant influence on the intestinal health of fish. Careful examination of these factors and the formulation of feeds to support these health aspects are

critical in fish farming. Intestinal health plays a vital role in the growth and overall health of fish (Oliva-Teles, 2012).

The statement emphasizes the importance of the relationship between the gastrointestinal system (GIS) and the microbial diversity in the intestine in regulating the local intestinal immunity and overall immunity of fish. The intestines form the first line of contact between the organism and the external world, and the microbial diversity in the intestines can have a significant impact on the immune system.

Microorganisms in the intestines play a critical role in regulating the immune system and developing defense mechanisms against pathogens. Therefore, the interaction between the gastrointestinal system and microbial diversity is important for maintaining the health and immunity of the organism. This concept is a crucial factor that should be focused on to improve intestinal health and immunity in fish farming and aquaculture (Montalban-Arques et al., 2015). This statement emphasizes that specific food additives, particularly essential amino acids, fatty acids, vitamins, and minerals, can positively impact intestinal health. These additives enhance the absorption of nutrients through the intestinal barriers, thereby improving intestinal health. Intestinal barriers play a crucial role in preventing pathogens and harmful substances from entering the body from the external environment. Therefore, strengthening intestinal barriers can help the immune system function better and provide better protection against pathogens. In conclusion, the use of these food additives can be considered as a strategy to support the intestinal health of fish and enhance their overall health. Good intestinal health is a critical factor for the growth and resilience of fish (Martin & Krol, 2017).

The intestinal health of fish is positively influenced by suitable conditions and nutrition established in the early stages of their life. This emphasizes the importance, in fish farming and aquaculture, of creating the right environment and dietary regimen during the early stages of life for healthy growth and development. Good intestinal health can help fish become more resistant to diseases and grow better, which is a critical factor for the feed industry (Dawood and Koshio, 2018). The nutrition of fried fish has a significant impact on the intestinal health and immunity of fish. Feeds with insufficient nutritional value for fried fish can negatively affect the abundance of beneficial microorganisms and intestinal health. This, in turn, can weaken the fish's immune system, making them more vulnerable to infectious diseases. Therefore, proper nutrition for fried fish is crucial for healthy growth and immune system development. Fish farmers should pay special attention to the nutrition of fried fish (Ringø & Birkbeck, 1999).

General condition of the fish immune system

Innate immunity refers to the defense mechanisms that an organism possesses from birth, while adaptive immunity denotes a more complex immune system where the organism develops specialized responses against infections and pathogens. It is stated that fish have both innate and adaptive immunity, with the latter being less elaborate. This suggests that the immune system of fish is an evolutionary precursor and has become more complex in higher vertebrates (Warr, 1995). The immune system of fish operates at the intersection of innate and adaptive responses, meaning it includes both their inherent defense mechanisms and the ability to develop specialized responses against pathogens. This implies that fish can develop a more flexible immune system against various infections. It emphasizes that fish have adapted to their aquatic environment and their poikilothermic nature. Since fish are aquatic organisms, their immune systems have evolved to be compatible with the aquatic environment and work in harmony with these environmental factors. The body temperature of fish can vary depending on the environmental temperature, which can affect the functioning of their immune systems. This kind of adaptation enhances fish's ability to survive

and develop resistance against infections (Tort et al., 2003). Fish live in various types of aquatic environments, which can lead them to develop different defense mechanisms against various conditions and threats.

Among the defense mechanisms of fish are physical features such as camouflage, rapid escape abilities, and poisonous spines or scales. For example, some species can change their color to blend in with their surroundings and hide from predators. Additionally, their ability to swim quickly allows them to escape danger when needed.

These defense mechanisms of fish enhance their chances of survival against natural predators and influence the evolutionary development of their species. These defense strategies in underwater ecosystems help fish both evade predators and capture their prey. Therefore, these types of defense mechanisms in fish contribute to their successful survival in aquatic habitats (Plouffe et al., 2005).

Pathogens are organisms that pose a disease risk to fish. In order to cope with these pathogens and protect themselves from diseases, fish have developed a complex innate defense mechanism. This defense mechanism exists in two fundamental ways. Firstly, there are "constitutive" or "pre-existing" defense mechanisms. These mechanisms include defense components that fish are born with and are continuously active. For example, the mucous layer found on the skin of fish can serve as a type of physical barrier against pathogens. Secondly, there are "inducible" or "regulated" defense mechanisms. These mechanisms include defense components that allow fish to adjust their response to the pathogens they encounter. The fish's immune system can adapt its response based on the type and quantity of pathogens it is exposed to. These innate and regulated defense mechanisms help fish remain healthy and cope with pathogens in their natural environments. These mechanisms play a critical role in the survival and evolutionary processes of fish (Ellis, 2001).

In aquaculture farms, the widespread use of intensive culture practices is a notable concern because it increases the risk of infection. In these farms, fish's defense mechanisms against pathogens are under greater pressure. Specifically, primary defense barriers such as mucus and epidermis, which constitute local immune mechanisms, can weaken or be damaged due to physical injuries or environmental stress. This provides an easier pathway for pathogens to access the fish's body tissues. At this stage, the systemic innate immune responses of the fish may come into play. However, pathogens often have the ability to evade these responses, and as a result, they can infect a fish that is generally weakened. In this context, fish's immune system operates at both local and systemic levels. Local defense mechanisms aim to prevent initial pathogen contact and limit local infections, while systemic innate immune responses provide broader protection against infections throughout the body. Fish rely on cellular and humoral immune responses, similar to higher vertebrates, and have organs dedicated to regulating and coordinating these responses. As a conclusion, in aquaculture farms, considering the risk of infection, appropriate management and treatment measures should be taken to support the immune health of fish and prevent infections (Press and Evensen, 1999).

Assessing immune responses and disease resistance from a nutritional context

The immune system of fish involves various mechanisms regulated by interactions between different cell types and humoral factors. These mechanisms serve both general and local defense functions in the body.

To understand the immune system of fish and assess the response of animals, simplified approaches and parameters are used. This is important for documenting the functioning and status of the immune system. While live organism responses provide the best results, laboratory experiments based on isolated cells are also commonly employed. Additionally, challenging experiments carefully designed to study immune defenses and the capacity of fish to endure stress or resist diseases are utilized. It is known that genetic and environmental factors, as well as the nutritional status of fish, influence their immune system. Nutrition can modulate immune responses and resistance to infections in fish, much like it does in humans.

In summary, the immune system of fish comprises various mechanisms involving interactions between different cell types and humoral factors. Simplified approaches and parameters are used to understand and evaluate the immune system. Genetic, environmental factors, and nutritional status play significant roles in modulating immune responses in fish, similar to how nutrition affects the immune functions in humans (Albers et al., 2005; Mahmoud et al., 2021).

The processes of initial resistance to infection and recovery in fish are the result of complex interactions between non-specific and specific defense mechanisms. Acquired immunity is conveyed through specialized white blood cells called lymphocytes, and in this context, antibodies play a significant role. Antibodies can neutralize viruses, facilitate the phagocytosis of pathogens through opsonization, and activate the classical complement pathway. These mechanisms help in the development of a protective response against infectious diseases in the body. The immune system of fish includes a range of defense mechanisms to fight against infections, and the interaction of these mechanisms contributes to the development of resistance against diseases. Therefore, the immune system of fish is of critical importance for them to live healthily manner and to combat infectious diseases (Sakai, 1984).

It is known that the role of antibodies in the recovery process from disease in fish is not fully understood. However, studies have shown that vaccination procedures often generate a high level of antibody activity, leading to complete protection against infections.

In other words, vaccination is a method that stimulates the immune system of fish and triggers the production of a high amount of antibodies in their bodies. These antibodies can protect against infections by neutralizing viruses or pathogens and removing them from the body. Nevertheless, the process of recovery from disease in fish is still considered a subject that requires further research. In conclusion, vaccination can help establish a protective response against infections in fish, but the exact role of antibodies in the recovery process from disease is still uncertain and requires further investigation (Ellis, 1989).

The specific antibodies generated in the body as a result of vaccination exhibit a protective effect against *Vibrio* spp. bacteria. This can be indicative of the success of vaccination and the reduction of infection risk. Vaccines can be an important tool in combating pathogens like *Vibrio* spp., helping to maintain the health of fish and fight against diseases (Kumaran et al., 2010). The immune system can sometimes develop a protective response against a pathogen without producing antibodies. This indicates that the immune system can involve different mechanisms and that the immune response is not solely limited to antibodies. Immune responses to disease in fish can be complex and may include other defense mechanisms besides antibody activity (Croy and Amend, 1977). This may be attributed to mucosal antibodies against *Vibrio* spp. as these antibodies are found in fish where serum antibodies are undetectable or very low (Kumaran et al., 2010). In fish, when they become infected with a pathogen, it takes a longer time for lymphocyte proliferation and an increase in antibody levels to peak. Additionally, during a secondary response (upon re-infection), the

increase in antibody levels is less compared to mammals. This information highlights the differences in immune responses between fish and mammals, indicating that the processes by which fish cope with infections are unique and complex. Therefore, research on the immune system and responses of fish holds significant importance for fish health and disease management (Ellis, 1989).

While acquired immunity in fish may initially appear to be temporary, it can persist for more than a year after vaccination (Paterson et al., 1981; Johnson et al., 1982) and likely even longer after recovery from an acute disease (Pradipta et al., 2012). This suggests that fish's immune system can develop a long-term response and provide protection against infections for an extended period.

CONCLUSION

Natural immunity is of great importance for fish, and it is known to play a critical role in maintaining the overall health of aquatic organisms. Furthermore, there is an emphasized parallel relationship between nutrition and immunity.

In the context of aquaculture, the development of feeds and the consideration of the health-promoting qualities of their components are crucial. It is emphasized that quality feeds should not only promote growth but also support the health of fish. Therefore, when formulating feeds, the potential health-promoting qualities of each component should be taken into account.

As a result, this text highlights the impact of nutrition on the immune system in aquaculture, emphasizing its significance for sustainable aquaculture. Enhancing the health and disease resistance of fish can be achieved by considering nutritional factors.

The immune system of fish includes various defense mechanisms, and the cooperation of these mechanisms helps create a protective response against infections. Therefore, in aquaculture, factors affecting the fish's immune system, such as nutrition and genetics, should be taken into account, in addition to other factors like environmental conditions. The immune system and health management of fish are crucial for supporting sustainability in aquaculture. Making appropriate dietary adjustments to strengthen the natural immunity of fish and enhance their resistance to diseases plays a critical role in this regard.

REFERENCES

- Abbas, A.K., Lichtman, A.H. (2007). *Basic Immunology*. Istanbul Medical Publishing, 1–223.
- Altınterim, B. (2011). Fish immunology, herbal and chemical immunostimulants. *Journal of Iğdır University Institute of Science and Technology*, 1(4), 69–76.
- Alexander, J. B., and Ingram, G. A. (1992). Noncellular nonspecific defence mechanisms of fish. *Annual Review of Fish Diseases*, 2, 249–279.
- Alvarez-Pellitero., P. (2008). Fish immunity and parasite infections: from innate immunity to immunoprophylactic prospects. *Vet. Immunol. Immunopathol*, 126, 171–198.
- Albers, R., Antoine, J.M., Bourdet-Sicard, R., Calder, P.C., Gleeson, M., Lesourd, B., Samartín, S., Sanderson, I.R., Van Loo, J., Vas Dias, F.W., Watzl, B. (2005). Markers to measure immunomodulation in human nutrition intervention studies. *Br. J. Nutr*, 94, 452–481.

- Aoki, C., Neurosci, J. (1992). Terminal fragment of β -adrenergic receptors: astrocytic localization in the adult visual cortex and their relation to catecholamine axon terminals as revealed by electron microscopic immunocytochemistry. PMID: PMC2838201, 12, 781-792.
- Anderson, J.S., Sunderland, R. (2002). Effect of extruder moisture and dryer processing temperature on vitamin C and E and astaxanthin stability. *Aquaculture*, 207, 137–149.
- Arda, M., Seer, S., Sarıeyyüpođlu, M. (2002). *Fish Diseases*. Medisan Publishing House. Ankara, 1-36
- Bell, J.G., Ashton, I., Secombes, C.J., Weitzel, B.R., Dick, J.R., Sargent, J.R. (1996). Dietary lipid affects phospholipid fatty acid compositions, eicosanoid production and immune function in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Prostaglandins, Leukot. Essent. Fatty Acids*, 54, 173–182.
- Blazer, V.S. (1982). The effects of marginal deficiencies of ascorbic acid and alpha-tocopherol on the natural resistance and immune response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Ph.D. Diss. University of Rhode Island, Kingston, RI, 113 pp.
- Blazer, V.S., Wolke, R.E. (1984a). The effects of “tocopherol on the immune response and nonspecific resistance factors of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson), *Aquaculture*, 37, 1-9.
- Blazer, V.S., Wolke, R.E. (1984). Effect of diet on the immune response of rainbow trout (*Sulmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 1244-1247.
- Blazer, VS., Ankley, G.T., Finco-Kent, D. (1989). Dietary influences on disease resistance factors in channel catfish. *Dev. Comp. Immunol*, 13, 43-48.
- Blazer, V.S. (1992). Nutrition and disease resistance in fish. *Annual Rev. of Fish Diseases*, pp. 309-323.
- Boshra, H., Li, J., Sunyer, J.O. (2006). Recent advances on the complement system of teleost fish. *Fish Shellfish Immunol*, 20, 239–262.
- Bricknell, I., Dalmo, R.A. (2005). The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. *Fish Shellfish Immunol*, 19, 457–472.
- Carroll, M.C., Janeway Jr., C.A. (1999). Innate immunity. *Curr. Opin. Immunol*, 11, 11–12.
- Croy, T.R., Amend, D.F. (1977). Immunization of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) against vibriosis using the hyperosmotic infiltration technique. *Aquaculture*, 12, 317–25.
- Dawood, M.A.O. (2016). Effect of various feed additives on the performance of aquatic animals, Vol. PhD Dissertation, Kagoshima University.
- Dawood, M.A.O., Koshio, S. (2018). Vitamin C supplementation to optimize growth, health and stress resistance in aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 10, 334–350.
- Delbert, M. (2003). Nutrition and Fish Health. *Wildlife and Fisheries Sciences*, 671-702.
- Dixon, B., Van Erp, S.H.M., Rodrigues, P.N.S., Egberts, E., Stet, R.M. (1995). Fish major histocompatibility complex genes: an expansion. *Dev. Comp. Immunol*, 19, 109–133.
- Du Pasquier, L. (2000). The immune systems of vertebrates and invertebrates. *Comp. Biochem Physiol. Part, B*, 126, S30.
- Du Pasquier, L. (2001). The immune system of invertebrates and vertebrates. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 129, 1–15.

- Du Pasquier, L. (2004). Innate immunity in early chordates and the appearance of adaptive immunity. *C R Biol*, 327, 591–601.
- Ellis, A.E. (1989). The immunology of teleosts. In: Roberts W, editor. *Fish pathology*. 2nd ed. London: Bailliere Tindall. P, 135–52.
- Ellis, A. E. (2001). Innate host defence mechanisms of fish against viruses and bacteria. *Developmental and Comparative Immunology*. 25, 827-839.
- Epstein, J., Eichbaum, Q., Sheriff, S., Ezekowitz, R. A. B. (1996). The collectins in innate immunity. *Current Biology*, 8, 29–35.
- Harding, C.V., Neefjes, J. (2005). Antigen processing and recognition. *Curr. Opin. Immunol*, 17, 55–57.
- Hardy, R.W. (2001). Nutritional deficiencies in commercial aquaculture: likelihood, onset and identification. In: Lim, C., Webster, C.D. (Eds.), *Nutrition and Fish Health*. The Haworth Press, Inc. Binghamton, New York, pp, 131–147.
- Janeway, J., C, A., Medzhitov, R. (1998). Introduction: the role of innate immunity in the adaptive immune response. *Semin. Immunol*, 10, 349–350.
- Johnson, K.A., Flym, J.I.C., Amend, D.F. (1982). Duration of immunity in salmonids vaccinated by direct immersion with *Yersenia ruckeri* and *Vibrio anguillarum* bacterins. *J Fish Dis*, 5, 207–13.
- Kiron, V., Fukuda, H., Takeuchi, T., Watanabe, T. (1995). Essential fatty acid nutrition and defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Integr. Physiol*, 111, 361–367.
- Kiron, V. (2012). immune system and its nutritional modulation for preventive health care. *Animal Feed Science and Technology*, 173, 111– 133.
- Kumaran, S., Deivasigamani, B., Alagappan, K.M, Sakthivel, M. (2010). Infection and immunization trials of Asian seabass (*Lates calcarifer*) against fish pathogen *Vibrio anguillarum*, 31, 39–41.
- Li, P., Yin, Y.L., Li, D., Woo Kim, S., Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *Br. J. Nutr*, 98, 237–252.
- Magnadottir, B. (2006). Innate immunity of fish (overview). *Fish and Shellfish Immunology*. 20, 37–151 pp.
- Magnadottir, B. (2010). Immunological control of fish diseases. *Mar. Biotechnol*, 12, 361–379.
- Mahmoud, A.O. (2021). Nutritional immunity of fish intestines: important insights for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13, 642–663.
- Montero, D., Grasso, V., Izquierdo, M.S., Ganga, R., Real, E., Tort, L., Caballero, M.J., Acosta, E. (2008). Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish Shellfish Immunol*, 24, 147–155.
- Montalban-Arques, A., De Schryver, P., Bossier, P., Gorkiewicz, G., Mulero, V, Gatlin, D. (2015). Selective manipulation of the gut microbiota improves immune status in vertebrates. *Frontiers in Immunology*, 6, 512.
- Nonaka, M., Smith, S.L. (2000). Complement system of bony and cartilaginous fish. *Fish. Shellfish Immunol*, 10, 215–228.
- Oliva-Teles, A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35, 83–108.
- Paterson, W.D., Desautels, D., Weber, J.M. (1981). The immune response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. to the causative agent of bacterial kidney disease *Renibacterium salmoninarum*. *J Fish Dis*, 4, 99–111.

- Plouffe, D.A., Hanington, P.C., Walsh, J.G., Wilson, E.C., Belosevic, M. (2005). Comparison of select innate immune mechanisms of fish and mammals. *Xenotransplantation*, 12, 266–277.
- Press, C. M., Evensen, Ø. (1999). The morphology of the immune system in teleost fishes. *Fish & Shellfish Immunology*, 9(4), 309–318. DOI:10.1006/fsim.1998.0181
- Pradipta, R., Rauta, B.N., Surajit, D.(2012). Immune system and immune responses in fish and their role in comparative immunity study. A model for higher organisms. P.R. Rauta et al, *Immunology Letters*, 148, 23–33.
- Randelli, E., Buonocore, F., Scapigliati, G. (2008). Cell markers and determinants in fish immunology. *Fish & Shellfish Immunology*, 25(4), 326–340. DOI:10.1016/j.fsi.2008.03.019
- Ringø, E., Birkbeck, T. (1999). Intestinal microflora of fish larvae and fry. *Aquaculture Research*, 30, 73–93.
- Riaz, M.N. (2000). *Extruders in Food Applications*. Technomic Publishing, Lancaster, PA
- Sakai, D.K. (1984). Opsonization by fish antibody and complement in the immune phagocytosis by peritoneal exudate cells isolated from salmonid fishes. *J Fish Dis*, 7, 29–38.
- Secombes, C.J., Fletcher, T.C. (1992). The role of phagocytes in the protective mechanisms of fish. *Annu. Rev. Fish Dis*, 1, 53–71.
- Sumyia, M., Summerfield, J.A. (1997). The role of collectins in host defence. *Seminars in Liver Diseases*, 17, 311–318.
- Tacon, A.G.J. (1985). Nutritional fish pathology. FAO. Aquaculture Development and Coordination Programme, ADCP/REP/85/22, 33.
- Tacon, A.G.J. (1995). Fishmeal replacers: review of antinutrients within oilseeds and pulses – a limiting factor for the aquafeed green revolution. In: *Feed Ingredients Asia'95 Conference*, 19–21 September, pp. 23–48.
- Timothy, J.B. (2008). Modulation of the immune system of fish by their environment. *Fish & Shellfish Immunology*, 25, 373–383.
- Tort, L., Balasch, J.C., Mackenzie, S. (2003). Fish immune system. A crossroads between innate and adaptive responses. *Inmunologia*, 22, 277–286.
- Young, V.R. (2000). Protein and amino acids. *Nutrition and Immunology. Principles and Practice*. Humana Press, New Jersey, 49–64.
- Warr, G.W. (1995). The immunoglobulin genes of fish. *Dev. Comp. Immunol*, 19, 1–12.