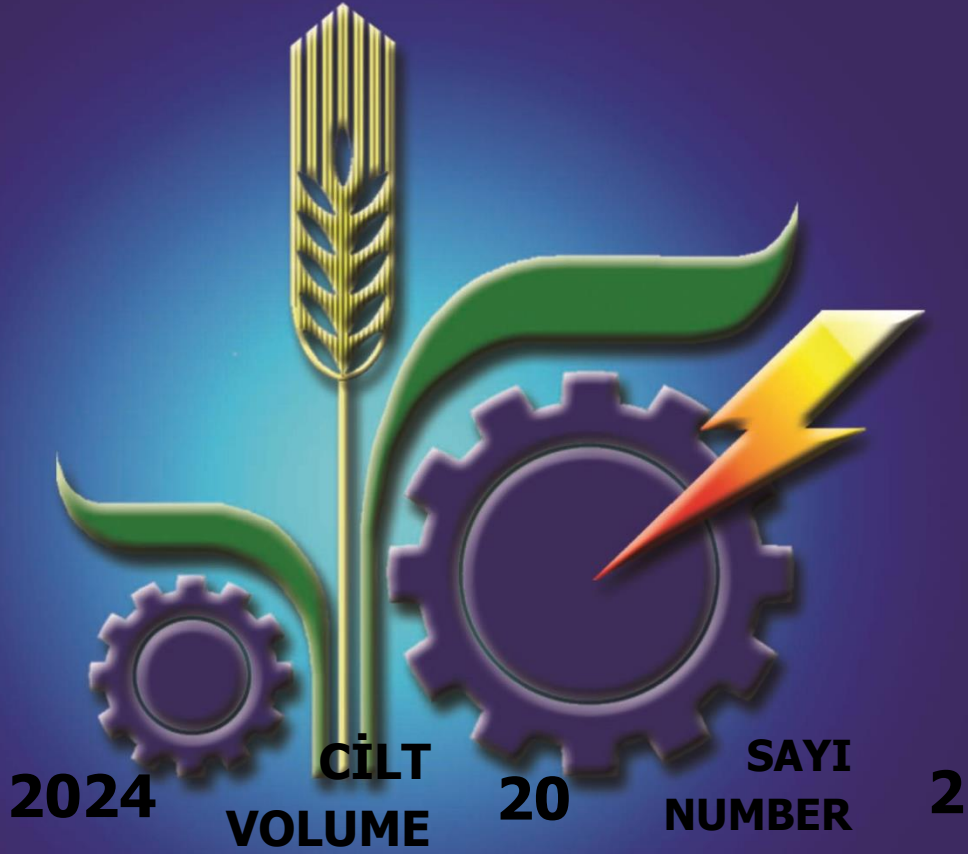


e-ISSN 2651-4230

ISSN 1306-0007

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır
Published by Agricultural Machinery Association

YIL (YEAR) 2024

CİLT (VOLUME) 20

SAYI (ISSUE) 2

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Can ERTEKİN

Akdeniz University, Antalya, TÜRKİYE

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

Anıl ÇAY

Canakkale Onsekiz Mart University, TÜRKİYE

Editörler (Editors)

Türkan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal University, TÜRKİYE

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ University, TÜRKİYE

Anıl ÇAY

Canakkale Onsekiz Mart University, TÜRKİYE

Alan Editörleri (Field Editors)

Yüksel AYDOĞAN

Aydın Adnan Menderes University, TÜRKİYE

Shoojin JUN

Hawaii University, USA

Aslı AYHAN ARSLAN

Bursa Uludağ University, TÜRKİYE

Seher Yusnieva KADİROVA

University of Ruse "Angel Kanchev", BULGARIA

Heinz BERNHARDT

Technical University of Munich, GERMANY

Engin ÖZGÖZ

Tokat Gaziosmanpaşa University, TÜRKİYE

Sorin-Stefan BIRIS

Politehnica University of Bucharest, ROMANIA

Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL

Kırşehir Ahi Evran University, TÜRKİYE

Zeynep DUMANOĞLU

Bingöl University, TÜRKİYE

Bahadır SAYINCI

Bilecik Şeyh Edebali University, TÜRKİYE

Ömer EREN

Hatay Mustafa Kemal University, TÜRKİYE

Bernhard STREIT

*Bern University of Applied Sciences,
SWITZERLAND*

Gürkan Alp Kağan GÜRDİL

Ondokuz Mayıs University, TÜRKİYE

Shuichi YAMAMOTO

Yamaguchi University, JAPAN

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ersen OKUR

Tekirdağ Namık Kemal University, TÜRKİYE

Dil Editörü (Language Editor)

Ömer ERTUĞRUL

Kırşehir Ahi Evran University, TÜRKİYE

Dergi Hakkında (About Journal)

**Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.**

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

**Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiçbir
bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.**

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the
prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT
INDEXING**



**Google
Scholar**



**Academic
Journal
Index**

ESJI

**Eurasian
Scientific
Journal Index**



**ASOS
INDEX**



CiteFactor
Academic Scientific Journals



Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80

Dernek Adresi (Association Address)

1462. Sok. No:33
Alsancak - İzmir / Türkiye
<https://www.tarmakder.org.tr>

İçindekiler (Contents)

Araştırma Makaleleri (Research Articles)

Sayfa (Page)

Biomass Energy Potential from Agricultural Production in Libya

Libya'da Tarımsal Üretimden Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Mohamedeltayib Omer Salih Eissa, Gürkan A. K. Gürdil, Laith Ghanem, Bahadır Demirel

61-71

Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma

A Research on The Determination of Biochemical Methane Potential of Different Biomass Resources

Birol Kayışoğlu, Melis İnci Giray

72-83

Impact Assessment of Alternative Tillage Practices on the Stubble Cover

Alternatif Toprak İşleme Uygulamalarının Anız Örtüsü Üzerindeki Etkisinin Değerlendirmesi

Ergün Çıtıl, Kazım Çarman

84-95

Bağımsız Hareketli Bir Ağaç Budama Aparatı Tasarımı ve İmalatı

Design and Manufacturing of an Independent Moving Tree Pruning Apparatus

Hüseyin Güçüm, Ahmet İnce, Laleh Ghanizadeh Hesar

96-111

Bağ Artıklarının Parçalanmasında Kullanılan Bir Makinanın Bazı Çalışma Parametrelerine Bağlı Olarak Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Determination of Management Values for Vineyard Pruning Residues of the Branch Shredder Machine

Abdullah Sessiz, İlyas Demirel

112-121

Bitkisel Üretimdeki Kendi Yürür Pülverizatör ile Yapılan Uygulamaların Değerlendirilmesi: Anadolu Tarım İşletmesi Örneği

Evaluation of Practices with Self-Propelled Sprayer in Crop Production: A Case Study of Anatolian Agricultural Holding

Gökhan Gürgen, Sakine Özpinar

122-140

Derleme Makaleleri (Review Articles)

Sayfa (Page)

İklim Değişikliği Baskısı Altında Tarımda Enerji Kullanım Etkinliğinin Artırılması





Increasing of Energy Use Efficiency in Agriculture Under the Pressure of Climate Change

Mustafa Vatandaş, Mehmet Metin Özgüven

141-155

Biomass Energy Potential from Agricultural Production in Libya

Libya'da Tarımsal Üretimden Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Mohamedeltayib Omer Salih Eissa¹ , Gürkan A. K. Gürdil^{1*} , Laith Ghanem¹ , Bahadır Demirel² 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye.

²Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): G.A.K. Gürdil, e-mail (e-posta): ggurdil@omu.edu.tr

Article Info

Received date : 05.04.2024
Revised date : 27.07.2024
Accepted date : 02.08.2024

Keywords:

Agriculture
Renewable Energy
Residue
Calorific Value
Libya

Atf için:

Eissa, M.O.S., Gürdil, G.A.K., Ghanem, L., Demirel, B. (2024). Biomass Energy Potential from Agricultural Production in Libya, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(2): 61-71.

ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the potential for agricultural residues in Libya in terms of type and quantity. Biomass resources in Libya include agricultural residues, such as crop residues and animal manure, as well as organic waste from industries and municipalities. Using production data from the Food and Agriculture Organization Statistical Databases of the United Nations (FAOSTAT) for the 2021 seasonal year, the amounts of crops grown in Libya measured in tons of dry matter annually, were computed and the residue to product ratio was used to calculate the annual gross potential of agricultural residues. The calorific values of agricultural residues were multiplied by the amount of residue that was available to determine the energy potential of crop residues. Roughly 4.5 kilo tons of agricultural crop waste were left over after harvest. It was discovered that for Libya's production season of 2021, the total calorific value of agricultural residues was around 17.7 Tj. Major crops that are included in the ratio of the total residue amount are potatoes (40.33%), wheat (33.9%), barley (22.5%), and maize (1.9%). This paper gives an overview of the agricultural waste that can be used in Libya as a source of biomass energy, utilizing waste as a feedstock lowers the pollution that comes from burning fossil fuels to produce energy.

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 05.04.2024
Düzeltilme tarihi : 27.07.2024
Kabul tarihi : 02.08.2024

Anahtar Kelimeler:

Tarım
Yenilenebilir Enerji
Atık
Isısız Değer
Libya

Eissa, M.O.S., Gürdil, G.A.K., Ghanem, L., Demirel, B. (2024). Biomass Energy Potential from Agricultural Production in Libya, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(2): 61-71.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Libya'da tarımsal atıkların türü ve miktarı açısından potansiyelini değerlendirmektir. Libya'daki biyokütle kaynaklarından bazıları tarımsal atıklar, örneğin mahsul artıkları ve hayvan gübresi, ayrıca endüstrilerden ve belediyelerden organik atıklardır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü İstatistik Veritabanları'ndan (FAOSTAT) 2021 mevsimsel yılı için üretim verileri kullanılarak, Libya'da yetiştirilen mahsullerin ton cinsinden yıllık kuru madde miktarı hesaplandı ve artık ürün oranı kullanılarak tarımsal atıkların yıllık brüt potansiyeli hesaplandı. Tarımsal atıkların ısıl değerleri, kullanılabilir artık miktarıyla çarpılarak mahsul artıklarının enerji potansiyeli belirlendi. Hasattan sonra yaklaşık olarak 4.5 kiloton tarımsal mahsul atığı kaldığı bulundu. Libya'nın 2021 üretim mevsimi için tarımsal atığın toplam ısıl değerinin yaklaşık 17.7 Tj olduğu keşfedildi. Toplam atık miktarı oranına dahil olan başlıca mahsuller patates (%40.33), buğday (%33.9), arpa (%22.5) ve mısırdır (%1.9). Bu makale, Libya'da biyokütle enerjisi kaynağı olarak kullanılacak tarımsal atıkların genel bir değerlendirmesini sunar, atıkları bir ham madde olarak kullanmak, enerji üretmek için fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan kirliliği azaltır.

1. INTRODUCTION

Libya, spanning an expansive 1,750,000 m^2 , is strategically located in the heart of North Africa (Yahya et al., 2020). Situated in the Maghreb region, this nation, officially referred to as the State of Libya, is bordered by the Mediterranean Sea to the north, Egypt to the east, Sudan to the southeast, Chad to the south, Niger to the southwest, Algeria to the west, and Tunisia to the northwest (Population of Libya, 2023). The climate in Libya varies, characterized by cold winters with occasional coastal rainfall. During the summer, the Sahara region experiences extreme dryness and high temperatures, while winters are relatively dry. Summer daytime highs can soar to 50 °C, with most days hovering around 40 °C. The average annual temperature is approximately 20.5°C. In the eastern part of the country, the mean annual rainfall is 180 mm, contrasting with the western region, where it is 90 mm (Hamad et al., 2014). As per the latest United Nations data presented by Worldometer, Libya's population stands at 6,910,904 as of October 18, 2023 (Libya Population, 2023). Over the past decade, the population of Libya has nearly doubled. This substantial population growth is contributing to increased waste and residue production, thereby exerting notable effects on the environment, as well as impacting the demands for energy and food.

Three primary categories of energy sources exist: nuclear, renewable, and fossil fuels, as identified by (Karaca, 2015). Solid biomass is emerging as a viable substitute for fossil fuels, contributing to the transition toward renewable energy sources. As the availability of fossil fuels diminishes over time, the significance of relying on renewable energy is expected to grow (Malat'ák et al., 2020). Libya stands to benefit significantly from renewable energy sources such as solar, wind, and biomass energy, offering substantial potential for electricity generation (Yahya et al., 2020). The escalating population, improved comfort standards, and advancements in industry and technology are collectively contributing to a notable surge in energy consumption (Demirel et al., 2019). Biomass, referring to renewable organic material derived from plants and animals, has been a longstanding energy source for humanity, with historical use spanning thousands of years (Karaca et al., 2017). Biomass resources are commonly utilized for heating, cooking, and similar applications using traditional methods (Aktaş, 2022). Agricultural wastes generated during the harvest season, abundant in the food industry, represent one of many forms of biomass readily available. Repurposing these wastes for energy utilization stands as a constructive measure in addressing disposal concerns. Agricultural waste emerges as a significant biomass reservoir owing to its considerable potential. The escalating demand for energy and the consequential environmental impact have spurred research into harnessing renewable energy from agricultural waste and biological resources. However, the principal challenges in utilizing biomass for energy production lie in the logistics of collecting, transporting, and storing it. These factors introduce a considerable degree of unpredictability in biomass supply, rendering it unreliable for applications in energy production (Karaca, 2017).

One of the most critical global challenges in the realm of energy revolves around the escalating demand for energy and the sustainability of its resources. The predominant reliance on fossil fuels on a global scale has led to a significant upsurge in environmental pollution. The adoption of energy derived from renewable sources offers a flexible solution, presenting a promising avenue to mitigate the environmental impact associated with agricultural waste. This impact extends to sectors dependent on groundwater, food, and other natural resources (Elmnifi et al., 2023). The utilization of renewable energy sources not only enhances energy security but also contributes to the reduction of

greenhouse gas emissions. In the context of Libya, energy policymakers grapple with the persistent rise in energy demand, making the adoption of renewable energy sources increasingly crucial. It becomes imperative for Libya to embrace renewable energy sources to meet the lifestyle demands of its population and fulfil the nation's growing energy needs (Mohamed et al., 2013). This focuses on estimating the quantity of energy generated from agricultural residues, emphasizing the energy value and biomass potential inherent in Libyan agricultural waste.

Agricultural lands in Libya

Despite its predominantly arid climate, Libya boasts fertile regions along its coastal plains and in oases scattered across the country. Agriculture plays a crucial role in the nation's economy, contributing to both food security and employment. Key crops cultivated in Libya include cereals, olives, dates, citrus fruits, and vegetables. Additionally, livestock farming, particularly sheep and goats, is prevalent in certain regions.

In term of agricultural only roughly 12% of Libya's total area of 15.4 million hectares is suitable for agriculture placing additional constraints on the country's ability to produce food (FAO, 2019). Farmers claim that their ability to cultivate land is still limited by power outages and the high cost of inputs like gasoline, seeds, water, and machinery. Despite the fact that 470 000 hectares are ideal for irrigation, only about 240 000 hectares are being irrigated at the moment because of worries about the depletion of subsurface water (FAO GIEWS Country Brief on Libya,2023). Cereals are grown in coastal areas, where it is possible to produce them using rainwater or by cropping with additional irrigation, and in some dry regions of the south, where full irrigation is used. Tomatoes, peppers, onions, and leafy greens are the most widely produced vegetables in Libya. (Figure 1)

Evaluation of the Biomass Potential of Agricultural Residues

The most common source of energy is biomass, which includes wood fuel, animal waste, and agricultural waste. Over the past few years, utilizing waste biomass has emerged as a viable alternative for generating clean energy (Tamelová et al., 2021). Agricultural waste is defined as undesired or unsalable materials that are entirely generated by agricultural operations that are directly related to the production of crops or the rise of animals with the goal of turning a profit or providing a living (e.g., food and vegetable refuse, fruit skins, stem of green, corncob, leaves, grass, and manure). And those agricultural waste represent 59% of the waste generated in Libya (Hamad et al., 2014). Crop residues left in the field after the crops are harvested are known as annual crop residues (Karaca, 2015). Although the idea of producing energy from waste is not new, this is a sector that needs to be given careful consideration.

Benefits of Biomass Energy Utilization:

Energy Security: Reducing reliance on fossil fuels by diversifying the energy mix enhances energy security, mitigating the impact of volatile oil markets and geopolitical uncertainties.

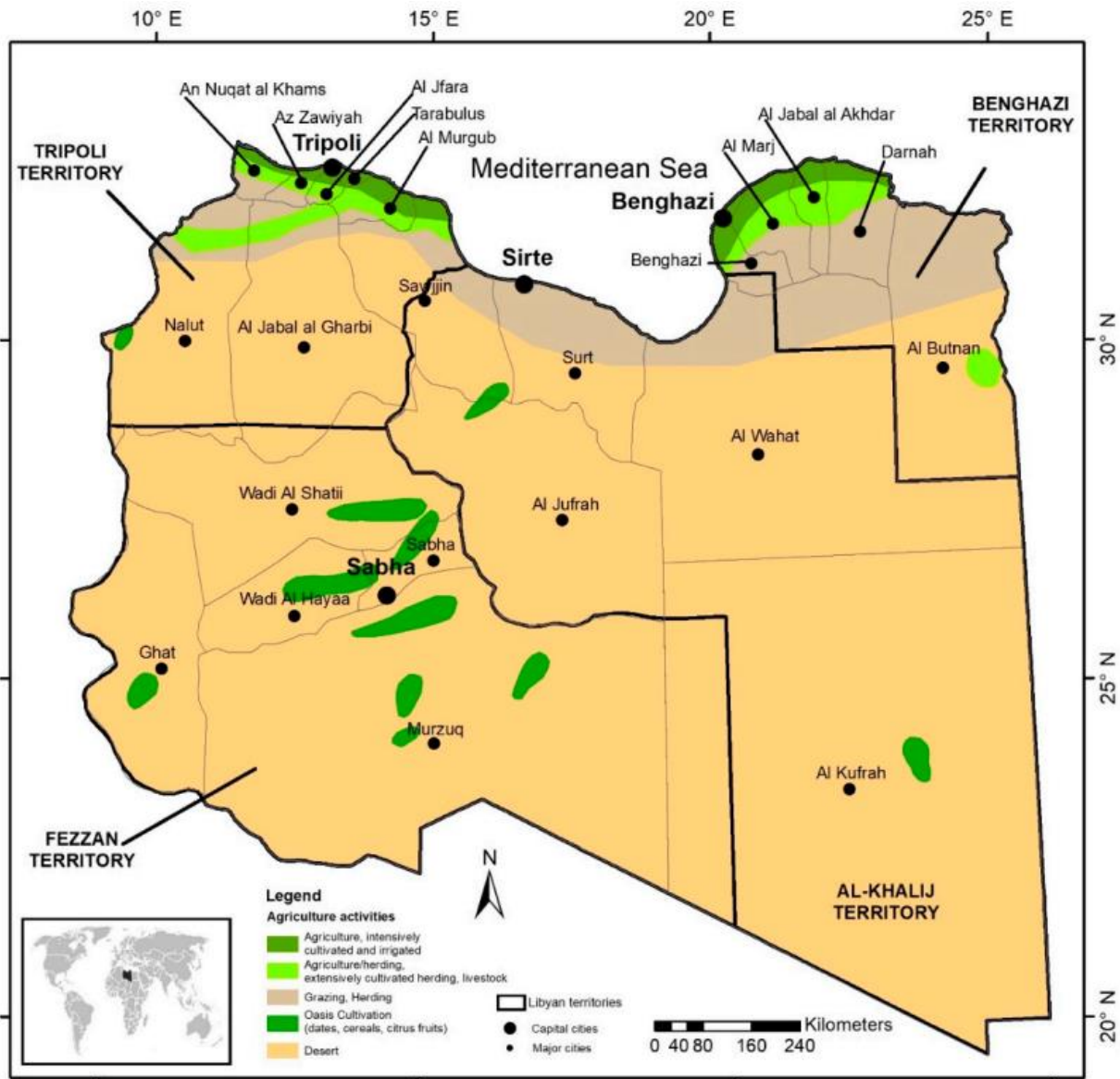


Figure 1. Locations of agricultural areas in Libya (Zurqani et al., 2019)

Environmental Sustainability: Biomass energy production emits fewer greenhouse gases compared to fossil fuels, contributing to mitigating climate change and reducing air pollution. Additionally, utilizing agricultural residues for energy helps manage waste and prevents open burning, which can have adverse environmental consequences.

Rural Development: Investments in biomass energy infrastructure stimulate rural economies by creating jobs along the biomass supply chain, from collection and processing to operation and maintenance of biomass facilities.

While the potential for biomass energy in Libya is substantial, several challenges and considerations must be addressed to realize its full benefits:

Infrastructure Development: Investments in biomass processing facilities, distribution networks, and technology transfer are essential to establish a robust biomass energy sector.

Policy Support: Clear policies and regulatory frameworks that incentivize biomass energy production and ensure market stability are crucial for attracting investment and fostering industry growth.

Technological Innovation: Research and development initiatives aimed at improving biomass conversion technologies and enhancing efficiency are essential for maximizing energy yields and reducing costs.

2. MATERIAL AND METHOD:

Using agricultural production statistics from the Food and Agriculture Organization Statistical Database (FAOSTAT) for the 2021, the amounts of residue from the main crops grown in Libya were determined. From the yearly production for every crop, the amount of agricultural residues was estimated by using the residue-to-product ration (RPR) (Karaca, 2015).

To calculate the amount of residues generated, one must be aware of the RPR. Surveys were used to calculate the RPR for each crop. The availability of residues was used to calculate their net potential. The residue's availability is unused, and its entirety is a waste.

The available potential of the agricultural residues in Libya was calculated based on Equation 1 (Karaca, 2015).

$$(AAR)_i = (ACP)_i \times (RPR)_i \times (A)_i \quad (1)$$

$(AAR)_i$: is the available amount of agricultural residues of i^{th} crop (ton)

$(ACP)_i$: is the amount of crop production (tons)

$(RPR)_i$: is the residue-to product ratio of the i^{th} crop.

$(A)_i$: is the availability of residues.

Table 1: Show the ratio of product to residue, availability and heating values of a selection of agricultural residues Crop production in Libya (Karaca, 2015), (Karaca, 2017), (Karaca et al., 2017).

FC	R	RPR	A (%)	LHV ($MJ kg^{-1}$)
Wheat	Straw	0.017	15	17.9
Barely	Straw	0.021	15	17.5
Millet	Straw	0.011	15	12.39
Potatoes	Stalk	0.002	60	18.61
Maize	Stalk	0.009	60	18.5
Beans dry	Shell	0.007	40	19.4

FC: Field Crop, R: Residue, RPR: Ratio of Product to Residue, A: Availability, LHV: Lower Heating Value ($MJ kg^{-1}$).

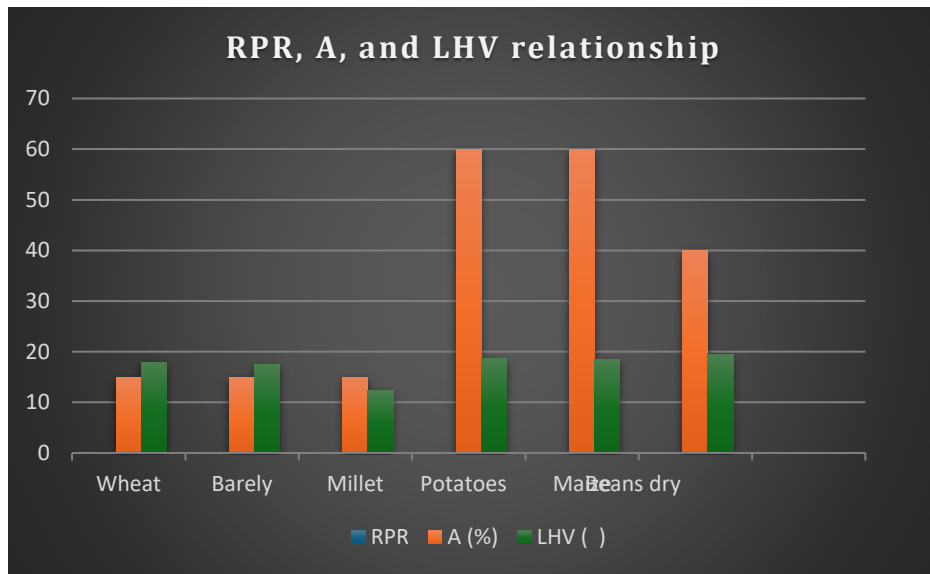


Figure 2. Relationship between RPR, A, and LHV

Materials left over in the field following agricultural production are referred to as residues. A portion of agricultural waste is already utilized for domestic Purpose heating, animal bedding, and other uses. The majority of the waste that remains after producing industrial agricultural products are left over in the field. These species include cereal straw, cotton, maize, sunflower, and so forth.

The heating values of a variety of agricultural residues, which were taken as the heating value per residue (Table 1), were multiplied by the amount of residue that was available to determine the energy potential of residues for each district (Eq. 2) (Karaca, 2015).

$(THV)_i = (AAR)_i \times (LHV)_i$	(2)
------------------------------------	-----

$(THV)_i$: Total heating value of agricultural residues of i^{th} crop (GJ).

$(AAR)_i$: Available amount of agricultural residues of i^{th} crop (tons).

$(LHV)_i$: lower heating value of air dried residues of i^{th} crop ($MJ Kg^{-1}$).

2. RESULTS AND DISCUSSION

In Libya, the total amount of agricultural residues was estimated to be 4.5 kilo tons, which included annual crop residues (wheat, barely, millet, potatoes, maize, and dry beans) (Table 2).

Table 2: Shows the amount of agricultural product and the available amount of residues in Libya.

FC	ACP	R	AR	AAR
Wheat	130000	Straw	2176.39	331.5
Barely	70000	Straw	1489.34	220.5
Millet	6000	Straw	70.22	9.9
Potatoes	328887.8	Stalk	685.88	394.66
Maize	3452.03	Stalk	32.39	18.64
Beans dry	1172.92	Shell	8.70	3.28
Total	539512.75	Residues	4462.94	978.48

FC: Field Crop, ACP: Amount of Agricultural Product (tons), R: Residue, AR: amount of Residue (tons) AAR: Available amount of Residue (tons).

Table 2 shows the amount of agricultural product, amount of residue and the available amount of residues in Libya. Major crops that are included in the ratio of the total residue amount are potatoes (40.33%), wheat (33.9%), barely (22.5%), and maize (1.9%).

It's evident that Libya has an abundance of raw materials available to produce energy from agricultural waste. For the production period 2021 in Libya, the total heating value of agricultural waste was estimated to be around (17.7 TJ). Table 3 displays the heating value of agricultural residues that were determined individually for each product.

Table 3: Shows the total heating values of agricultural residues in Libya.

Field crops	Residues	Total heating value (GJ/kg)
Wheat	Straw	5933.85
Barely	Straw	3858.75
Millet	Straw	122.66
Potatoes	Stalk	7344.62
Maize	Stalk	344.84
Beans dry	Shell	63.63
Total	Residues	17668.35

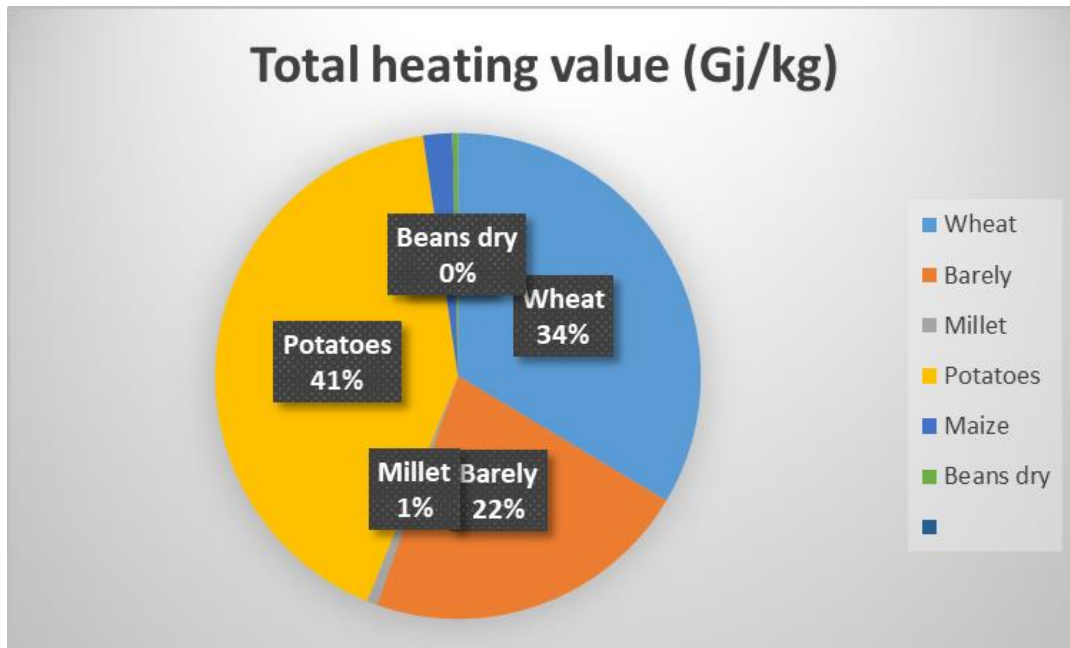


Figure 3. Total heating value from crop residues in Libya

3. CONCLUSION

Libya stands at a crossroads, faced with the dual imperatives of energy security and environmental sustainability. Utilizing the biomass energy potential from agricultural production offers a viable pathway towards achieving these objectives. By leveraging its abundant natural resources and investing in renewable energy resources, Libya can foster economic growth, enhance energy resilience, and pave the way for a greener and more sustainable future.

The purpose of this study was to estimate Libya's biomass energy from agricultural waste. Libya imports energy from other countries, which makes this article crucial. These days, converting agricultural waste into energy and using it to lessen energy constraint issues is the greatest course of action for developing nations. In this study crops like (wheat, barely, millet, potatoes, maize, and dry beans) have been identified for energy production. For the crops listed in this research above, the total heating value of agricultural wastes in Libya was approximately 17.7 TJ. It is noteworthy to remark that in Libya, the production of energy from agricultural waste is a significant and cost-effective source.

Any nation's primary sources of renewable energy are solar energy, wind, biomass, and geothermal resources. Because Libya is well-located and is seen to be the best place to use renewable energy, particularly biomass energy. In Libya, biomass energy has the potential to significantly contribute to the country's energy requirements and overall electrical energy demand, allowing for the use of biomass energy for a variety of mechanical, communication, and energy-generating applications. Through strategic planning, policy support, and international collaboration, Libya can position itself as a regional leader in biomass energy production, unlocking new opportunities for prosperity while safeguarding its natural environment for future generations.

REFERENCES

- Aktaş, T. (2022). Tarım Makinaları Bilimi Dergisi Türkiye ' de İmal Edilen Odun Pelet Örneklerinin Kalite Özelliklerinin ve Standartlara Uygunluğunun Belirlenmesi Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 18(1), 25-40.
- Demirel, B., Gürdil, G.A.K., Gadalla, O. (2019). Biomass energy potential from agricultural production in Sudan. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi ETHABD*, 2(2), 35–38.
- Elmnifi, M., Omran, A., Almosmary, M., & Rahel, R. G. (2023). Biofuel Production from Animal Waste in Northeastern of Libya: Experimental and Simulation Investigations. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 14(1), 67–81. [https://doi.org/10.14505/jemt.v14.1\(65\).07](https://doi.org/10.14505/jemt.v14.1(65).07)
- FAOSTAT. (n.d.). (2023, November 13)Retrieved, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- FAO. (2019). GIEWS Country Brief Zambia. *Global Watch GIEWS*, September-20, 2.
- FAO GIEWS Country Brief on Libya -. (n.d.). (2023, October 19)Retrieved, from <https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=LBY>
- Hamad, T. A., Agll, A. A., Hamad, Y. M., & Sheffield, J. W. (2014). Solid waste as renewable source of energy: Current and future possibility in Libya. *Case Studies in Thermal Engineering*, 4, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.09.004>
- Karaca, C. (2015). Mapping of energy potential through annual crop residues in Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2), 104–109. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20150802.1587>
- Karaca, C. (2017). Determining and mapping agricultural biomass energy potential in Samsun Province of Turkey. *ICOEST 3rd International Conference on Environmental Science and Technology*, October, 190–194. https://www.researchgate.net/publication/322118421_Determining_and_mapping_agricultural_biomass_energy_potential_in_Samsun_Province_of_Turkey
- Karaca, C., Kağan Gürdil, G. A., & Ozturk, H. H. (2017). The Biomass Energy Potential from Agricultural Production in the Black Sea Region of Turkey. *ICOEST 3rd International Conference on Environmental Science and Technology*, October. https://www.researchgate.net/publication/322118189_The_Biomass_Energy_Potential_from_Agricultural_Production_in_the_Black_Sea_Region_of_Turkey
- Libya Population - Worldometer. (n.d.). (2023, October 18)Retrieved, from <https://www.worldometers.info/world-population/libya-population/>
- Malaťák, J., Gendek, A., Aniszewska, M., & Velebil, J. (2020). Emissions from combustion of renewable solid biofuels from coniferous tree cones. *Fuel*, 276(April). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118001>
- Mohamed, A. M. A., Al-habaibeh, A., & Abdo, H. (2013). An investigation into the current utilisation and prospective of renewable energy resources and technologies in Libya. *Renewable Energy*, 50,

732–740. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.07.038>

population of Libya - Google Search. (n.d.). (2023, October 18) Retrieved, from <https://www.google.com/search?q=population+of+Liyba>

Tamelová, B., Malat'ák, J., Velebil, J., Gendek, A., & Aniszewska, M. (2021). Energy utilization of torrefied residue from wine production. *Materials*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/ma14071610>

Yahya, W., Nassar, A., Mansur, F. A., Al-nehari, M., & Alnakhlani, M. M. (2020). *Future Study of Renewable Energy in Libya.* 6495(10), 1–6.

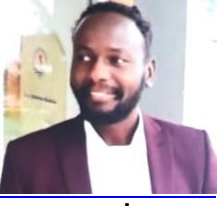
Zurqani, H. A., Mikhailova, E. A., Post, C. J., Schlautman, M. A., & Elhaweij, A. R. (2019). A review of Libyan soil databases for use within an ecosystem services framework. *Land*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/land8050082>

EXTENDED ABSTRACT

Libya, spanning an expansive 1,750,000 m², is strategically located in the heart of North Africa. The climate in Libya varies, characterized by cold winters with occasional coastal rainfall. During the summer, the Sahara region experiences extreme dryness and high temperatures, while winters are relatively dry. Summer daytime highs can soar to 50 °C, with most days hovering around 40 °C. As per the latest United Nations data presented by Worldometer, Libya's population stands at 6,910,904 as of October 18, 2023. Over the past decade, the population of Libya has nearly doubled. This substantial population growth is contributing to increased waste and residue production, thereby exerting notable effects on the environment, as well as impacting the demands for energy and food.

Solid biomass is emerging as a viable substitute for fossil fuels, contributing to the transition toward renewable energy sources. Libya stands to benefit significantly from renewable energy sources such as solar, wind, and biomass energy, offering substantial potential for electricity generation. Agricultural wastes generated during the harvest season, abundant in the food industry, represent one of many forms of biomass readily available. Repurposing these wastes for energy utilization stands as a constructive measure in addressing disposal concerns. The purpose of this study was to estimate Libya's biomass energy from agricultural waste. Libya imports energy from other countries, which makes this article crucial. These days, converting agricultural waste into energy and using it to lessen energy constraint issues is the greatest course of action for developing nations. In this study crops like (wheat, barely, millet, potatoes, maize, and dry beans) have been identified for energy production. For the crops listed in this research above, the total heating value of agricultural wastes in Libya was approximately 17.7 TJ. It is noteworthy to remark that in Libya, the production of energy from agricultural waste is a significant and cost-effective source.

Authors' Biography



Mohamedeltayib Omer Salih Eissa

Bahri University, Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering. Khartoum Bahri, Sudan'dan mezun oldu ve orda asistan olarak görev yaptı. 2022 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalında Doktora eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.

İletişim mohammedl123@gmail.com
ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0003-0186-1112>



Gürkan A. K. Gürdil

1994 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda 1997 yılında yüksek lisans eğitimini, Çek Tarım Üniversitesi'nde 2002 yılında doktora eğitimini, 2003 yılında Çukurova Üniversitesinde doktora eğitimini tamamladı. 2004 yılında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesinde Yrd. Doç. Dr. Olarak atandı. 2012 yılında aynı üniversite Doçenti, 2021 yılında ise Profesör unvan ve yetkisini aldı. Halen Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Tarımda enerji, Yenilenebilir enerji, İçsel Tarım Mekanizasyonu, Tarımda bilgi teknolojileri konularında çalışmaktadır.

İletişim ggurdil@omu.edu.tr, ggurdil73@gmail.com
ORCID Adresi <https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0001-7764-3977>



Laith Ghanem

Türkiye burslusu olarak Suriye'den 2022 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalında Doktora eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. .

İletişim laithghanem10aug1991@gmail.com
ORCID Adresi <https://orcid.org/0009-0005-5195-2647>

Bahadır DEMİREL

2004 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda 2008 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2015 yılında aynı üniversitede doktora eğitimini tamamladı. 2017 yılında Erciyes Üniversitesinde Yrd. Doç. Dr. olarak atandı. Halen bu üniversitede Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Tarımda enerji uygulamaları, yenilenebilir enerji, akıllı tarım konularında çalışmaktadır.



İletişim bahdem@erciyes.edu.tr
ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0002-2650-1167>

Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma

A Research on The Determination of Biochemical Methane Potential of Different Biomass Resources

Birol Kayışoğlu^{1,*} , Melis İnci Giray¹ 

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): B. Kayışoğlu, e-mail (e-posta): bkayisoglu@nku.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 30.04.2024
Düzeltilme tarihi : 15.05.2024
Kabul tarihi : 16.05.2024

Anahtar Kelimeler:

Biyogaz
Metan potansiyeli
Anaerobik sindirim

Atf için:

Kayışoğlu, B., Giray, M.İ. (2024). Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 72-83.

ÖZET

Bu araştırmada, Trakya bölgesinde yoğun olarak üretimi yapılan ve biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanılan bitkisel ve hayvansal kökenli biyokütle artıklarının teorik ve deneysel biyokimyasal metan potansiyelleri ile biyobozunma dereceleri saptanmıştır. Ayrıca, bu biyokütlelerden elde edilen biyogazın özgül enerji değeri ve enerji dönüşüm verimlilikleri de saptanmıştır. Bitkisel biyokütle artıkları olarak ayçiçeği sapı, çeltik sapı ve kavuzu, kanola sapı, hayvansal biyokütle artıkları olarak sığır gübresi ve etlik piliç ile yumurta tavuğu gübresi kullanılmıştır. Denemeye alınan biyokütlelerin teorik ve deneysel biyometan potansiyelleri ile biyobozunma dereceleri sırasıyla 0,335-0,472 Nm³CH₄/kgVS, 0,051-0,308 Nm³CH₄/kgVS ve %15,2-%69,0 arasında değişmiştir. Biyogazdaki teorik metan içerikleri deneysel metan içeriklerinden daha düşük olduğu ve deneysel metan içeriklerinin %56,0 ile %58,07 arasında değiştiği belirlenmiştir. Hayvansal kökenli biyokütle kaynaklarında biyokimyasal metan potansiyellerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Biyokütlelerden elde edilen biyogazın teorik ve deneysel özgül enerji değerleri, enerji dönüşüm verimlilikleri sırasıyla 12,3-17,3 MJ/kgVS, 1,9-11,3 MJ/kgVS, %83,7-87,0 ve %12,7-58,6 arasında değişmiştir. Bölgede yaygın üretimi yapılan biyokütle kaynaklarından, çeltik kavuzu hariç, diğer organik artıkların rahatlıkla biyogaz işletmelerinde değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Article Info

Received date : 30.04.2024
Revised date : 15.05.2024
Accepted date : 16.05.2024

Keywords:

Biogas
Methane potential
Anaerobic digestion

Kayışoğlu, B., Giray, M.İ. (2024). Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 72-83.

ABSTRACT

In this study, the theoretical and experimental biochemical methane potentials and biodegradation degrees of plant and animal-derived biomass residues, which are intensively produced in the Thrace region and used as feedstock in biogas facilities, were determined. Additionally, the specific energy value and energy conversion efficiencies of biogas obtained from these biomasses were also determined. Sunflower stalks, rice straw and husks, canola stalks were used as plant biomass residues, while cattle manure and boiler and egg chicken manure were used as animal biomass residues. The theoretical and experimental biomethane potentials and biodegradation degrees of the tested biomasses ranged from 0,335 to 0,472 Nm³CH₄/kgVS, 0,051 to 0,308 Nm³CH₄/kgVS, and 15.2% to 69,0%, respectively. The theoretical methane content in biogas was lower than the experimental methane content, with experimental methane contents ranging from 56,7% to 58,7%. Animal-derived biomass sources exhibited higher biochemical methane potentials. The theoretical and experimental specific energy values of biogas from these biomasses ranged from 12.3 to 17.3 MJ/kgVS, 1.9 to 11.3 MJ/kgVS, with energy conversion efficiencies ranging from 83,7% to 87,0% and 12,7% to 58,6%, respectively. It was concluded that, except for rice husks, the organic residues of the commonly produced biomass sources in the region could be readily utilized in biogas operations.

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve dönüşümündeki çevresel etkiler giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, biyogaz, atık yönetimi ve enerji üretimi konularında önemli bir çözüm sunan yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Biyogaz oluşumu, organik biyokütle kaynaklarının bakteriler tarafından anaerobik ortamda sindirilmesini içeren biyokimyasal dönüşüm süreci ile gerçekleşmektedir. Ayrıca, bu dönüşüm sürecinde diğer enerji dönüşümlerine nazaran daha az olumsuz etkileri olduğundan biyogazın çevreye duyarlı bir enerji kaynağı olduğunu da söylemek mümkündür (Kayıoğlu & Aktaş, 2023).

Biyogaz üretimi anaerobik ortamda hidroliz, asidojenesis, asetojenesis ve metanojenesis olmak üzere dört aşamada gerçekleşmektedir. Üretim her aşamasında farklı bakteri grupları çalışmaktadır (Khanal, 2008; Weiland, 2010). Hidroliz aşamasında, biyokütleyi oluşturan ve suda çözünen karmaşık moleküller (büyük protein makromolekülleri, yağlar, selüloz ve nişasta) basit şekerlere (monosakkarit), uzun zincirli yağ asitlerine ve aminoasitlere dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm ile kompleks moleküller mikroorganizmalar tarafından hücre zarından geçmeye uygun hale getirilmektedir. Hem fakültatif hem de zorunlu anaerobik bakterilerden salgılanan proteaz, amilaz ve lipaz gibi enzimlerle gerçekleşen bu süreç oldukça yavaş ilerlemektedir. Asıl fermentasyonun gerçekleştiği asidojenesis aşamasında hidrolize olmuş basit yapı taşları fermentatif mikroorganizmalar tarafından uçucu yağ asitleri, hidrojen, CO₂, alkoller ve ketonlara dönüştürülmektedir. Bu nedenle bu aşamaya fermentasyon aşaması da denmektedir. Üretilen bu uçucu yağ asitleri ve alkollerin başlıca olanları asetik asit, bütirik asit, formik asit, propiyonik asit, laktik asit, etanol ve metanoldür. Açığa çıkan bu ürünlerin miktarları substrat çeşidine, görev alan mikroorganizmaların profiline, ortam pH'sı ya da kısmi hidrojen basıncı gibi proses işletme koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Asidojenesis aşamasında üretilen organik asit ya da etanol gibi ürünler metan üretimi için asetik asit, CO₂ ve hidrojene dönüştürülmekte ve bu dönüşümde asetojenik bakteriler görev almaktadır.

Hammaddenin katı madde içeriği, C:N oranı, ortam sıcaklığı ve pH'sı, ortamdaki amonyak miktarı, serbest yağ asitleri, mikroorganizma konsantrasyonu, materyalin özgül yüzey alanı, kısmi hidrojen basıncı, toksitite ve karıştırma işlemi biyogaz üretimini etkileyen en önemli unsurlardır (Kayıoğlu & Aktaş, 2023).

Son yıllarda biyogaz ve biyokütle enerji sektörü önemli bir istihdam kaynağı olmaya başlamıştır. Dünyada bu sektörde hammadde temini, lojistik, ekipman imalatı, biyogaz üretim santralleri gibi alanlarda 3,2 milyon civarında kişinin çalıştığı ve bu istihdamın küresel yenilenebilir enerji sektörünün 1/3'ü olduğu belirtilmiştir (İleez, 2020).

Biyokimyasal Metan Potansiyeli (BMP) testleri, en iyi substrat ve birlikte sindirim konfigürasyonlarını belirlemek için yararlı bir araçtır, ancak bir substratın organik bileşiminden elde edilen teorik nihai metan potansiyelini kullanarak bu süreçten maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaya yönelik bazı metodolojiler bulunmaktadır. Ayrıca, yalnızca metan eğrisi davranışını yeniden oluşturabilen değil aynı zamanda deneyin ilk günlerinden itibaren nihai metan üretimlerini tahmin edebilen bazı modeller de bulunmaktadır. Ancak, teorik metan üretimin potansiyelinin belirlenmesi için kullanılan element bileşimine dayalı metodolojiler deneysel sonuçlarla daha iyi uyum sağlamaktadır (Nielfa et al., 2015).

Çin'de gerçekleştirilen bir araştırmada, 20 çeşit tipik yapraklı sebze kalıntısının metan üretim potansiyeli üç farklı kinetik model kullanılarak araştırılmıştır. Bu sebzelerin biyokimyasal bileşenleri ile

metan verimleri arasındaki bağlantı kurulmuş olup, bu bağlantının pratikte biyogaz performansını tahmin etmek için kullanılması amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yüksek uçucu katı/toplam katı (VS/TS) oranı ve hemiselüloz içeriği biyogaz verimi üzerinde olumlu etki gösterirken, lignin ise olumsuz etki göstermiştir. Araştırmacılar, bu araştırmanın yalnızca farklı substratlardan biyogaz üretimine ilişkin daha ileri çalışmalar için bir referans görevi görmeye kalmayacağını, aynı zamanda gelecekte bitkisel atıkların tarımsal-endüstriyel uygulamalarına yönelik faydalı bilgiler de sağlayacağını belirtmişlerdir (Yan et al., 2017).

Çeşitli materyallerin biyokimyasal metan potansiyelleri ile ilgili yapılan bir çalışmada, sığır gübresinden 242-399 mL CH₄/gVS, tavuk gübresinden 107-438 mL CH₄/gVS, domuz gübresinden 313-322 mL CH₄/gVS, mısır silajından 270-298 mL CH₄/gVS, çeltik sapından 279-280 mL CH₄/gVS ve mutfak atıklarından 541-683 mL CH₄/gVS biyometan üretimi gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir (Kougiyas & Angalidaki, 2018).

Organik bozunabilirlik, gıda atıklarının anaerobik sindirim performansı için hayati öneme sahiptir ancak organik bozunabilirliğin biyometan üretim süreci üzerindeki etkisi tam olarak anlaşılabilmemiştir. 12 tür gıda atığı üzerinde yapılan değerlendirmeye dayanarak organik bozunma performansını kapsamlı bir şekilde araştırmayı ve organik bileşenlerin azalması ile metan verimi arasındaki etkileşimi belirlemeyi amaçlayan araştırma sonucunda kümülatif metan üretiminin bütün substratlarda lipit, protein ve uçucu katıların uzaklaşma miktarına bağlı olarak üstel olarak arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde protein bozunması da lipitlerin indirgeme etkinliğiyle birlikte üstel olarak artmıştır (Li et al., 2018)

Teorik biyokimyasal metan potansiyelini (BMP_{th}) belirlemek için 3 önemli model kullanılmaktadır. Birinci model (BMP_{th}COD) materyalin kimyasal oksijen gereksiniminin (COD) metan üretimi üzerindeki etkisini belirlemek için de kullanılmakta olup belirli sıcaklık ve basınç koşulları altında metan üretiminin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. İkinci model (BMP_{th}OFC) materyalin protein, karbonhidrat ve yağ oranlarına bağlı olarak biyokimyasal metan potansiyelini hesaplamaktadır. Üçüncü modelde (BMP_{th}AtC) substratların atomik bileşimine dayalı stokiyometrik denklem kullanılmaktadır. Bu model N, C, O ve H atomlarının bakteriler tarafından tüketildiğini varsaymaktadır. Ancak, beklenmedik inhibitörlerin bulunması bu modelin hassasiyetini azaltmaktadır. Bu modelin, N, C, O ve H miktarının metan üretimi üzerindeki etkisini incelemek için kullanılması mümkündür (Mohamed et al., 2018).

Çeşitli tarımsal ve gıda işleme artıklarının metan potansiyellerinin belirlendiği bir çalışmada, enerji bitkilerinin 250-350 Nm³ CH₄/tonVS, lignoselülozik bitki artıklarının 150-450 Nm³ CH₄/tonVS, kümes hayvanlarının altlıklarının 50-200 Nm³ CH₄/tonVS, yağ içeriği fazla olan besin artıklarının 400-700 Nm³ CH₄/tonVS, karbonhidrat ve proteince zengin olan substratların 350-450 Nm³ CH₄/tonVS dolaylarında biyokimyasal metan potansiyeline sahip olduğunu belirtilmiştir (Garcia et al., 2019).

Bu çalışmada, Trakya Bölgesinde yaygın olarak üretilen ve sap, saman gibi artık potansiyeli bulunan bitkisel biyokütle kaynaklarının ve hayvan gübrelerinin deneysel ve teorik biyokimyasal metan potansiyelleri ile biyobozunurluk derecelerinin saptanması amaçlanmıştır. Araştırmada elde edilen verilerle tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan bu artıkların biyogaz olarak değerlendirilmesi için gerekli bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırmada, biyokütle kaynağı olarak Trakya Bölgesinde yaygın üretimi yapılan lignoselülozik bitkilerin artıkları ve hayvansal kökenli organik biyokütleler seçilmiştir. Bu amaçla, ayçiçeği sapı, kanola sapı, çeltik sapı ve kavuzu ile sığır gübresi, etlik piliç ve yumurta tavuğu gübresi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan biyokütlelerin elementel analizi sonucu elde edilen veriler araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

Hammaddelerin teorik biyokimyasal metan potansiyellerini saptamak için gerekli olan elementel analizleri Perkin Elmer marka 2400 Series II CHNS/O cihazı ile yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Biyokütlelerin deneysel biyokimyasal metan potansiyel (BMP_{exp}) testleri Almanya'da biyogaz verimi hakkında niceliksel ve niteliksel olarak güvenilir veriler sağlayan akredite bir laboratuvarında, VDI RL 4630 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Biyokütlelerin teorik Biyokimyasal Metan Potansiyelleri (BMP_{th}) elementel analiz sonuçlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla biyokütlenin C, O, H ve N elementlerinin atomik bileşimini temel alan stokiometrik denklem kullanılmıştır (Nielfa et al., 2015; Yan et al., 2017);

$$BMP_{th} = \frac{22.415 \times \left(\frac{4a + b - 2c - 3d}{8} \right)}{(12a + b + 16c + 14d)} \quad (1)$$

BMP_{th} : Teorik biyokimyasal metan potansiyeli ($Nm^3/kgVS$)

a : C elementinin mol katsayısı

b : H elementinin mol katsayısı

c : O elementinin mol katsayısı

d : N elementinin mol katsayısı

Teorik biyogaz üretim potansiyeli ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır (Sawyer et al., 2019);

$$BP_{th} = \frac{22.415 \times a}{(12a + b + 16c + 14d)} \quad (2)$$

BP_{th} : Teorik biyogaz potansiyeli ($Nm^3/kgVS$)

Eşitlik 1 ve 2'de kullanılan a , b , c , ve d elementel mol katsayıları aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmıştır (Sawyer et al., 2019);

$$a = \frac{X_C}{M_C \times L} ; b = \frac{X_H}{M_H \times L} ; c = \frac{X_O}{M_O \times L} ; d = \frac{X_N}{M_N \times L} \quad (3)$$

X_C, X_H, X_O, X_N : Sırasıyla C, H, O ve N elementlerinin kütle oranları (%)

M_C, M_H, M_O, M_N : Sırasıyla C, H, O ve N elementlerinin mol kütleleri (g/mol)

L , en düşük mol sayısına sahip elementin kütle oranının mol kütle oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Biyokütle hammaddelerinde en düşük mol sayısına sahip element N olduğundan aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$L = \frac{X_N}{M_N} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te hesaplanan L katsayısının kullanılması sonucunda d katsayısı daima 1'e eşit olmaktadır.

Materyallerin biyobozunma dereceleri deneysel biyokimyasal metan potansiyelinin teorik biyokimyasal metan potansiyeline oranlanması ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Yan et al., 2017);

$$BBD = \frac{BMP_{exp}}{BMP_{th}} \times 100 \quad (5)$$

BBD : Hammaddenin biyobozunma derecesi (%)

Biyogazın özgül enerji değeri, içerdiği metan gazının miktarına göre değişmektedir ve aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanmıştır;

$$E_{th} = BMP_{th} \times 36.72 \quad ve \quad E_{exp} = BMP_{exp} \times 36.72 \quad (6)$$

E_{th}, E_{exp} : Sırasıyla biyogazın teorik ve deneysel özgül enerji değerleri (MJ/kgVS)

Biyogaz elde edilen hammaddelerin kuru baza göre üst ısıl değerleri 7 no'lu eşitlik ile hesaplandıktan sonra biyogaz enerji verimlilikleri 8 no'lu eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Kayıoğlu & Aktaş, 2023);

$$HHV_b = 0.3491 * X_C + 1.1783 * X_H - 0.0151 * X_N - 0.1034 * X_O \quad (7)$$

HHV_b : Biyokütlenin üst ısıl değeri (MJ/kgVS)

$$\eta_{th} = \frac{E_{th}}{HHV_b} \times 100 \quad ve \quad \eta_{exp} = \frac{E_{exp}}{HHV_b} \times 100 \quad (8)$$

η_{th}, η_{exp} : Sırasıyla teorik ve deneysel biyogaz üretiminin enerji dönüşüm verimliliği (%)

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Biyokütlelerin Perkin Elmer marka 2400 Series II CHNS/O cihazı ile yapılan elementel analizlerinin sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Bitkisel kökenli biyokütlelerin C/N oranlarının hayvansal kökenli biyokütlelerinkinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Biyokütlelerin toplam katı ve uçucu madde oranları

Hammadde	TS	VS
	(%)	(%)
Ayçiçeği sapı	93,3	91,8
Kanola sapı	92,8	93,8
Çeltik sapı	91,4	85,5
Çeltik kavuzu	94,0	81,1
Sığır gübresi	7,3	80,4
Yumurta tavuğu gübresi	22,3	68,7
Etlik piliç gübresi	65,2	84,1

Tablo 2. Biyokütlelerin elementel analiz sonuçları

Hammadde	Elementel Bileşim (% k.b.)				C/N
	C	H	O	N	
Ayçiçeği sapı	49,7	5,9	43,5	0,9	55
Kanola sapı	49,0	5,2	44,8	1,0	49
Çeltik sapı	47,9	5,2	45,8	1,0	48
Çeltik kavuzu	40,6	5,3	53,2	0,9	45
Sığır gübresi	49,2	5,9	42,2	2,7	18
Yumurta tavuğu gübresi	49,5	5,4	41,4	3,8	13
Etlik piliç gübresi	48,8	5,5	41,6	4,1	12

Biyokütlelerin teorik biyokimyasal metan potansiyellerini saptamak için kullanılan elementel mol katsayıları 3 no'lu eşitliklerle hesaplanmış ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hammaddelerin elementel mol katsayıları

Biyokütle	a	b	c	d
Ayçiçeği sapı	64,4	91,8	42,3	1,0
Kanola sapı	57,2	72,8	39,2	1,0
Çeltik sapı	55,9	72,8	40,1	1,0
Çeltik kavuzu	52,6	81,8	51,7	1,0
Sığır gübresi	20,9	30,1	13,5	1,0
Yumurta tavuğu gübresi	15,4	20,2	9,6	1,0
Etlik piliç gübresi	13,9	18,8	8,9	1,0

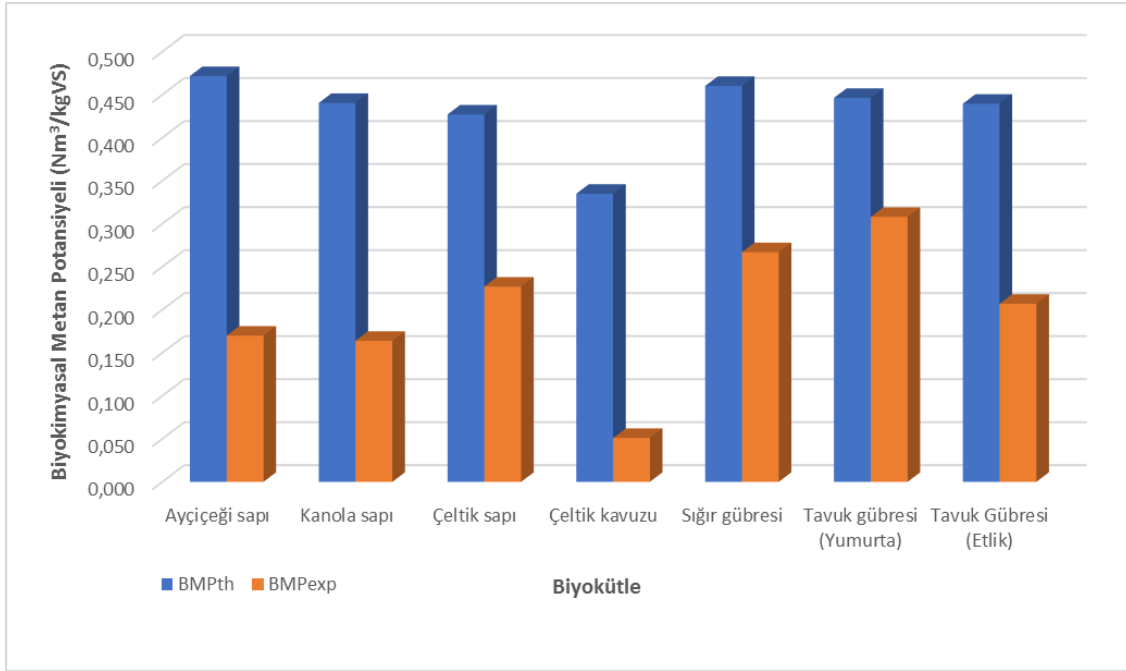
Biyokütlelerin elementel mol katsayıları yardımıyla hesaplanan teorik biyokimyasal metan potansiyelleri, deneysel biyokimyasal metan potansiyelleri ile biyobozunma dereceleri Tablo 4'te verilmiştir. Bitkisel ve hayvansal kökenli biyokütlelerin teorik biyokimyasal metan potansiyellerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. En yüksek deneysel biyokimyasal metan potansiyeli 0,460 Nm³CH₄/kgVS değeri ile sığır gübresinde, en düşük ise 0,335 Nm³CH₄/kgVS ile çeltik kavuzunda saptanmıştır. Hayvansal kökenli biyokütlelerin biyobozunma derecelerinin lignoselülozik biyokütlelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Çeltik kavuzunun biyobozunma derecesinin %15,2 ile oldukça

düşük olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, çeltik sapının biyobozunma derecesinin ise %53,2 ile bitkisel kökenli biyoküteller içinde en yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Hammaddelerin teorik ve deneysel biyokimyasal metan potansiyelleri ve biyobozunma dereceleri

Biyokütle	BMP_{th} (Nm ³ CH ₄ /kgVS)	BMP_{exp} (Nm ³ CH ₄ /kgVS)	BBD (%)
Ayçiçeği sapı	0,472	0,170	36,0
Kanola sapı	0,440	0,164	37,2
Çeltik sapı	0,427	0,227	53,2
Çeltik kavuzu	0,335	0,051	15,2
Siğır gübresi	0,460	0,267	58,0
Yumurta tavuğu gübresi	0,446	0,308	69,0
Etlik piliç gübresi	0,440	0,207	47,0

Biyokütellerin teorik ve deneysel biyokimyasal metan potansiyelleri görsel karşılaştırma yapabilmek amacıyla Şekil 1’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 1. Teorik ve deneysel biyokimyasal metan potansiyelleri

Biyokütellerin teorik ve deneysel biyogaz potansiyelleri ile metan oranları Tablo 5’te verilmiştir. En yüksek deneysel biyogaz potansiyeli 0,537 Nm³/kgVS ile yumurta tavuğu gübresinde, en düşük potansiyel ise 0,089 Nm³/kgVS ile çeltik kavuzunda elde edilmiştir. Tavuk gübresi dışında kalan biyokütellerin deneysel metan oranlarının yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Biyokütlelerin teorik ve deneysel biyogaz potansiyelleri ve metan oranları

Biyokütle	BP_{th} (Nm ³ /kgVS)	BP_{exp} (Nm ³ /kgVS)	CH_{4th} (%)	CH_{4exp} (%)
Ayçiçeği sapı	0,928	0,299	50,8	56,9
Kanola sapı	0,915	0,289	48,1	56,7
Çeltik sapı	0,896	0,405	47,7	56,0
Çeltik kavuzu	0,759	0,089	44,2	57,3
Sığır gübresi	0,918	0,455	50,1	58,7
Yumurta tavuğu gübresi	0,925	0,537	48,3	57,4
Etlık Piliç gübresi	0,912	0,365	48,2	56,7

Biyokütlelerden elde edilen biyogazın özgül enerji değerleri ile enerji dönüşüm verimlilikleri Tablo 6'da verilmiştir. Bitkisel kökenli hammaddeler içinde en yüksek deneysel özgül enerji 8,3 MJ/kgVS değeri ile çeltik sapında, hayvansal biyokütlerde ise 11,3 MJ/kgVS değeri ile yumurta tavuğu gübresinde elde edilmiştir. Teorik enerji dönüşüm verimliliklerinin deneysel verimliliklere göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek deneysel enerji dönüşüm verimliliği %58,6 ile yumurta tavuğu gübresinden elde edilen biyogazda ölçülmüştür. Buna karşın çeltik kavuzunun deneysel enerji dönüşüm verimliliğinin ise %12,7 değeri ile oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6. Biyogazın özgül enerji değerleri ve enerji dönüşüm verimlilikleri

Biyokütle	HHV_b (MJ/kgVS)	E_{th} (MJ/kgVS)	E_{exp} (MJ/kgVS)	η_{th} (%)	η_{exp} (%)
Ayçiçeği sapı	19,9	17,3	6,2	87,0	31,4
Kanola sapı	18,6	16,2	6,0	87,0	32,4
Çeltik sapı	18,1	15,7	8,3	86,6	46,1
Çeltik kavuzu	14,7	12,3	1,9	83,7	12,7
Sığır gübresi	19,7	16,9	9,8	85,7	49,7
Yumurta tavuğu gübresi	19,3	16,4	11,3	84,9	58,6
Etlık piliç gübresi	19,2	16,1	7,6	84,3	39,7

Denemeye alınan biyokütlelerin teorik ve deneysel biyometan potansiyelleri ile biyobozunma dereceleri sırasıyla 0,335-0,472 Nm³CH₄/kgVS, 0,051-0,308 Nm³CH₄/kgVS ve %15,2-%69,0 arasında değişmiştir. Etlık piliç tavuk gübresinin deneysel biyokimyasal metan potansiyeli (0,207 Nm³CH₄/kgVS), yumurta tavukların gübresinden (0,308 Nm³CH₄/kgVS) daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, etlik piliç gübrelerinin kümes içerisindeki bitkisel kökenli sap saman artıklarıyla karışmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde etlik piliçlerin biyobozunma derecelerinin de yumurta tavuklarının biyobozunma derecelerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çeltik sapı dışında kalan bitkisel kökenli lignoselülozik biyokütlerde biyobozunma derecelerinin, daha düşük olduğu saptanmıştır. 20 farklı sebze türünde teorik ve deneysel biyometan potansiyelleri ile biyobozunma değerlerinin %16,76 ile %55,77 arasında değiştiğini belirtmiştir (Yan et al., 2017). Çim, çit, ağaç ve yabani bitki artıklarının biyokimyasal potansiyellerini belirlemek için yapılan araştırmada, biyobozunma derecelerinin %32,7 ile %66,6 arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırma sonucunda çim artıklarının düşük lignin ve

lignoselüloz içeriği, selülozun kristal yapısı nedeniyle yüksek biyolojik metan potansiyeline (0,333 Nm³CH₄/kgVS) ve biyobozunma derecesine (%66,6) sahip olduğunu belirtilmiştir (Triolo et al., 2012). 12 çeşit yemek atığı karışımının biyokimyasal metan potansiyelini ve biyobozunma derecelerinin saptandığı çalışmada, teorik biyokimyasal metan verimlerinin, organik bileşimlerdeki farklılıklara bağlı olarak 0,435 ila 0,687 Nm³CH₄/kgVS arasında değiştiği, buna karşın deneysel biyokimyasal metan verimlerinin ise 0,385 ila 0,627 Nm³CH₄/kgVS arasında olduğu, biyobozunma derecelerinin de %84 ile %96 arasında değiştiği, yemek atıklarında organik madde içeriğinin fazla olması, lignoselülozik yapının olmamasının bu değerlerin yüksek olmasını sağladığı belirtilmiştir (Li et al., 2018). Yapılan bir araştırmada sığır gübresinin deneysel biyokimyasal metan potansiyelinin 0,243 Nm³CH₄/kgVS, sıvı fraksiyonundan ayrılarak biyogaz üretildiğinde 0,261 Nm³CH₄/kgVS değerine ulaştığı belirtilmiştir (Labatut et al., 2011). Çeltik sapının zengin lignoselülozik yapısı nedeniyle biyogaz potansiyelinin yüksek olduğu, ancak selülozik yapı etrafındaki lignin-slika kabuklanmasının sindirilebilirliğini engellediği, bu nedenle mutlak suretle ön işlem uygulanmasının gerekli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bitkisel kökenli biyokütleler içinde çeltik sapının biyokimyasal metan potansiyelinin 0,227 Nm³CH₄/kgVS değeri ile yüksek olduğu görülmüştür (Sahil et al., 2023).

Farklı biyokütlerden biyogaz üretilmesi ve biyometan potansiyellerinin saptanması ile ilgili önceki çalışmalarda da görüldüğü gibi biyokütlenin bileşimi, tekstürü, lignoselülozik yapısı biyolojik biyometan potansiyellerini ve biyobozunma derecelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu araştırmada da lignoselülozik biyokütlerin teorik metan potansiyellerinin oldukça yüksek olmasına rağmen, deneysel biyometan potansiyellerinin genel olarak hayvansal kökenli lignoselülozik olmayan biyokütlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, biyobozunma derecelerinin de düşük olduğu saptanmıştır. Lignoselülozik biyokütlerin biyolojik metan potansiyellerini arttırmak için ön işlem uygulamasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Biyokütlerde bozunabilir organik madde içeriği arttıkça biyokimyasal metan potansiyeli de artmaktadır.

Biyokütlerden elde edilen biyogazın teorik ve deneysel özgül enerji değerleri, enerji dönüşüm verimlilikleri sırasıyla 12,3-17,3 MJ/kgVS, 1,9-11,3 MJ/kgVS, %83,7-87,0 ve %12,7-58,6 arasında değişmiştir. En yüksek deneysel enerji dönüşüm verimliliği %58,6 ile yumurta tavuğu gübresinden elde edilen biyogazda belirlenmiştir. Bitkisel kökenli biyokütler ve etlik piliç gübresinden elde edilen biyogazın deneysel enerji dönüşüm verimliliklerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Farklı biyokütlerden elde edilen biyogazın özgül enerji değerlerinin incelendiği bir araştırmada, sığır gübresinden elde edilen ve %55 metan içeren biyogazın özgül enerji değerinin 5,9 MJ/kgTS, tahıl saplarından elde edilen ve %51 metan içeren biyogazın özgül enerji değerinin ise 6,2 MJ/kgTS olduğunu belirtilmiştir (Pöschl et al., 2010). Bu araştırmada da çeltik kavuzu hariç, elde edilen özgül enerji değerlerinin araştırmacıların belirttiği değerler dolayında olduğu görülmüştür. Biyobozunma derecelerinin yüksek olmasından dolayı hayvansal kökenli biyokütlerde enerji dönüşüm verimliliklerinin, daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu araştırmada, Trakya Bölgesinde yoğun üretimi yapılan ve biyogaz üretiminde değerlendirilen bitkisel ve hayvansal artıkların biyokimyasal metan potansiyelleri ve biyobozunma dereceleri saptanmıştır. Araştırmada biyokütle kaynağı olarak lignoselülozik biyokütler olan ayçiçeği sapı, kanola sapı, çeltik sapı ve kavuzu ile sığır, etlik piliç ile yumurta tavuklarının gübresi kullanılmıştır.

En yüksek biyobozunma derecesi %69 değeri ile yumurta tavuğu gübresinde gerçekleşmiştir. Çeltik kavuzunun biyobozunma derecesi oldukça düşük olmuştur (%15.2). Biyokütlelerden elde edilen biyogazın metan oranları birbirlerine yakın olmakla birlikte en yüksek metan oranı %58.7 değeri ile yumurta tavuğu gübresinde bulunmuştur. Deneysel metan oranlarının teorik metan oranlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek enerji dönüşüm verimliliği yumurta tavuğu gübresi ile üretilen biyogazda elde edilmiştir (%58.6).

Araştırmadan elde edilen bulgularla, bölgede oldukça yüksek potansiyeli bulunan lignoselülozik ve hayvansal kökenli biyokütlelerin, çeltik kavuzu hariç, biyogaz üretimi yapan işletmelerde rahatlıkla değerlendirilebileceği ve lignoselülozik biyokütlelere uygulanacak ön işlemlerle bu potansiyelin arttırılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu araştırmadan elde edilen çıktılar konuyla ilgili bundan sonra yapılacak araştırmalara katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Garcia, N. H., Mattioli, A., Gil, A., Frison, N., Battista, F., & Bolzonella, D. (2019). Evaluation of the methane potential of different agricultural and food processing substrates for improved biogas production in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112(May), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.040>
- İleez, B. (2020). *Türkiye’de Biyokütle enerjisi İçinde: Türkiye’nin Enerji Görünümü*.
- Kayıoğlu, B., & Aktaş, T. (2023). *Biyokütle Enerjisi Dönüşüm Teknolojileri* (1st ed.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Khanal, S. K. (2008). *Anaerobic Biothechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications*. John Wiley & Sons Ltd.
- Kougias, G.P., & Angalidaki, I. (2018). Biogas and its Opportunities—A review. *Frontiers of Environ. Sci. Eng.*, 12(3), 1–14.
- Labatut, R. A., Angenent, L. T., & Scott, N. R. (2011). Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. *Bioresource Technology*, 102(3), 2255–2264. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.035>
- Li, Y., Jin, Y., Li, H., Borrion, A., Yu, Z., & Li, J. (2018). Kinetic studies on organic degradation and its impacts on improving methane production during anaerobic digestion of food waste. *Applied Energy*, 213(December 2017), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.01.033>
- Mohamed, M. A., Nourou, D., Boudy, B., & Mamoudou, N. (2018). Theoretical models for prediction of methane production from anaerobic digestion: A critical review. *International Journal of Physical Sciences*, 13(13), 206–216. <https://doi.org/10.5897/ijps2018.4740>
- Nielfa, A., Cano, R., & Fdz-Polanco, M. (2015). Theoretical methane production generated by the co-digestion of organic fraction municipal solid waste and biological sludge. *Biotechnology Reports*, 5(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2014.10.005>
- Pöschl, M., Ward, S., & Owende, P. (2010). Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. *Applied Energy*, 87(11), 3305–3321. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.05.011>
- Sahil, S., Karvembu, P., Kaur, R., Katyal, P., & Phutela, U. G. (2023). Enhanced biogas production from rice straw through pretreatment with cellulase producing microbial consortium. *Energy Nexus*, 12, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100246>
- Sawyer, N., Trois, C., & Workneh, T. (2019). Identification and characterization of potential feedstock

for biogas production in South Africa. *Journal of Ecological Engineering*, 20(6), 103–116. <https://doi.org/10.12911/22998993/108652>

Triolo, J. M., Pedersen, L., Qu, H., & Sommer, S. G. (2012). Biochemical methane potential and anaerobic biodegradability of non-herbaceous and herbaceous phytomass in biogas production. *Bioresource Technology*, 125, 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.079>

Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 849–860.

Yan, H., Zhao, C., Zhang, J., Zhang, R., Xue, C., Liu, G., & Chen, C. (2017). Study on biomethane production and biodegradability of different leafy vegetables in anaerobic digestion. *AMB Express*, 7(27), 1–9.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

In this study, the theoretical and experimental biochemical methane potentials and biodegradation degrees of plant and animal-derived biomass residues, which are intensively produced in the Thrace region and used as feedstock in biogas facilities, were determined. Additionally, the specific energy value and energy conversion efficiencies of biogas obtained from these biomasses were also determined. Sunflower stalks, rice straw and husks, canola stalks were used as plant biomass residues, while cattle manure and boiler and egg chicken manure were used as animal biomass residues.

The aim of the research was to determine the experimental and theoretical biochemical methane potential and biodegradability levels of plant biomass resources and animal manures, which are widely produced in the Thrace Region and have residual potential such as stalks and straw. With the data obtained in the research, it was aimed to create a database containing the necessary information to evaluate these residues resulting from agricultural activities as biogas.

Methodology

Elemental analyzes required to determine the theoretical biochemical methane potential of the raw materials were performed with a Perkin Elmer brand 2400 Series II CHNS/O device.

Experimental biochemical methane potential (BMP_{exp}) tests of biomasses were carried out in Germany in an accredited laboratory that provides quantitative and qualitative reliable data on biogas yield, in accordance with VDI RL 4630 standards.

Theoretical Biochemical Methane Potentials (BMP_{th}) of biomasses were calculated using elemental analysis results. For this purpose, the stoichiometric equation based on the atomic composition of the C, O, H and N elements of the biomass was used.

The biodegradation degrees of the materials were calculated by dividing the experimental biochemical methane potential to the theoretical biochemical methane potential.

Result and discussions

Theoretical and experimental biomethane potentials and biodegradation degrees of the biomass included in the experiment varied between 0.335-0.472 $Nm^3CH_4/kgVS$, 0.051-0.308 $Nm^3CH_4/kgVS$ and 15.2%-69.0%, respectively. The experimental biochemical methane potential of broiler chicken manure

(0.207 Nm³CH₄/kgVS) was found to be lower than that of laying hen manure (0.308 Nm³CH₄/kgVS). This is due to the mixing of broiler manure with plant-derived straw residues in the chicken coop. Similarly, it has been determined that the biodegradation levels of broiler chickens are lower than the biodegradation levels of laying hens. It was determined that the biodegradation levels were lower in plant-derived lignocellulosic biomass other than rice straw.

As seen in previous studies on the production of biogas from different biomass and the determination of biomethane potentials, the composition, texture, and lignocellulosic structure of biomass significantly affect biological biomethane potentials and biodegradation degrees. In this research, it was observed that although the theoretical methane potential of lignocellulosic biomass was quite high, the experimental biomethane potential was generally lower than non-lignocellulosic biomass of animal origin. Additionally, biodegradation levels were found to be low. It seems that pre-treatment is inevitable to increase the biological methane potential of lignocellulosic biomass. As the content of degradable organic matter in biomass increases, the biochemical methane potential also increases.

The highest experimental energy conversion efficiency was determined in biogas obtained from laying hen manure with 58.6%. It has been determined that the experimental energy conversion efficiencies of biogas obtained from plant-based biomass and broiler manure are lower. It has been determined that the energy conversion efficiency of animal origin biomass is higher due to their higher degree of biodegradation.

Yazarların Bibliyografisi



Birol KAYIŞOĞLU

1961 yılında Malatya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1983 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 1984 yılında Trakya Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda 1987 yılında yüksek lisans eğitimini, 2000 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda doktora eğitimini tamamladı. 1996 yılında Tarımsal Mekanizasyon Bilim Alanında Üniversite Doçenti unvan ve yetkisini aldı. 2001 yılından bu yana Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Tarımsal Enerji Sistemleri Anabilim Dalı'nda Profesör olarak görevini sürdürmektedir. Yenilenebilir enerji, biyogaz, biyokütle gazlaştırma ve güneş enerjisi konularında çalışmaktadır. Evli ve 2 kız çocuğu babasıdır.

İletişim bkayisoglu@nku.edu.tr

ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0002-2885-3174>



Melis İNCİ GİRAY



05.05.1993 tarihinde Gölcük'te doğdu. İlköğrenimi Gölcük'te, lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2018-2019 yıllarında İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Tezsiz Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2017 yılından itibaren Kırklareli ilinde bulunan Seleda Biyogaz Enerji ve Sanayi Ticaret Anonim Şirketinde Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır. 2020 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Evli ve 1 erkek çocuğu annesidir.

İletişim melisinci39@gmail.com

ORCID Adresi <https://orcid.org/0009-0002-7575-5478>

Impact Assessment of Alternative Tillage Practices on the Stubble Cover

Alternatif Toprak İşleme Uygulamalarının Anız Örtüsü Üzerindeki Etkisinin Değerlendirmesi

Ergün Çıtıl^{1,*} , Kazım Çarman¹ 

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Çıtıl, E., e-mail (e-posta): ecitil@selcuk.edu.tr

Article Info

Received date : 05.06.2024
Revised date : 12.07.2024
Accepted date : 17.07.2024

Keywords:

Amount of stubble
Tillage
Soil moisture

Atfiiçin:

Çıtıl, E., Çarman, K. (2024). Impact Assessment of Alternative Tillage Practices on the Stubble Cover, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 84-95

ABSTRACT

Stubble associated with conservation tillage minimizes soil water evaporation, erosion and temperature fluctuations. The aim of this study is to determine the effects of traditional tillage and alternative reduced tillage methods on stubble surface cover, stubble burial rate and soil water conservation after tillage. The amount of stubble remaining on the soil surface in post-tillage applications varies between 96-130.66 gm⁻², and the stubble burial rate varies between 48.21-61.95%. The lowest amount of stubble on the cultivated area with the highest burial rate (61.95%) in the vertical shafrotary tillers. Stubble coverage after tillage varied from 2.85-26.57%. The effect of treatments on stubble cover was statistically significant (P<0.01). The winged chisel treatment was found to maintain about 25% more soil moisture than the other alternative treatments about 4 days after tillage.

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 05.06.2024
Düzeltilme tarihi : 12.07.2024
Kabul tarihi : 17.07.2024

Anahtar Kelimeler:

Anız miktarı
Toprak işleme
Toprak nemi

Çıtıl, E., Çarman, K. (2024). Impact Assessment of Alternative Tillage Practices on the Stubble Cover, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 84-95

ÖZET

Koruyucu toprak işleme ile ilişkili anız kalıntısı, toprak suyunun buharlaşmasını, erozyonu ve sıcaklık dalgalanmalarını azaltır. Bu çalışmada, geleneksel toprak işleme yöntemi ile alternatif azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin, toprak işleme sonrası anızın yüzey kaplama ve gömülme oranına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulamalara bağlı olarak toprağın işleme sonrası yüzeydeki anız miktarı 96-130.66 gm⁻² ve anızın gömülme oranları ise %48.21-61.95 arasında değişmiştir. İşleme sonrası tarla üzerindeki en düşük anız miktarı, en yüksek gömme oranıyla (%61.95) dikey miller rotatillerde elde edilmiştir. Toprak işleme sonrası kalan anızın yüzeyi kaplama oranları ise %2.85-26.57 arasında değişmiştir. Uygulamaların anızın yüzeyi kaplama oranları üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0.01). Kanatlı çizel uygulamasında, toprak işlemeden yaklaşık 4 gün sonra toprak neminin diğer alternatif uygulamalara göre yaklaşık %25 daha fazla korunduğu saptanmıştır.

1. INTRODUCTION

Stubble control applications aim to change the amounts of stubble remaining on the soil surface to reduce clogging of the seeding foot during operation with planters. Stubble control starts with adjusting the mowing height during harvesting and the amount of stubble that will allow the seeding foot to pass through the stubble without clogging. Nowadays, farmers do not consider stubble management during harvest due to the cost of deep mowing and the decrease in harvest success. In these conditions, post-harvest stubble management systems are important to reduce the amount of stubble (Midwood and Birbeck, 2010). Crop residues on or near the surface protect the soil by slowing down the flow of water and creating channels for water to enter the soil, reducing the presence of impermeable material in the soil, under the influence of the erosive force of wind and raindrops.

The sustainability of agricultural production is closely related to the state of soil quality. Various agricultural practices such as deep and intensive tillage, removal or burning of harvest residues, use of chemical fertilizers without taking into account plant needs and soil analysis, and excessive water use cause the deterioration in soil, water and air quality to worsen. Effects such as decrease in soil organic carbon content, weakening of soil biodiversity, compaction, increased runoff and accelerated nutrient erosion loss negatively affect the fulfillment of ecosystem services related to soil quality.

The geometry and position of the seeding coulter on a planting machine can reduce blockages during planting. The tiller foot retains stubble in the field, protects the soil from erosion, and helps the soil retain moisture by reducing surface runoff and reducing evaporation rates. The stubble cover remaining on the field surface can help preserve the soil structure by increasing the microbial activities of the soil. Despite many benefits of stubble, the height of the stubble may prevent the machines from working during planting. Choosing the appropriate seeding foot for this purpose can eliminate this negative situation.

In Türkiye, as in the rest of the world, soils have begun to lose their quality as a result of intensive and unconscious use, and significant decreases in productivity have been observed. For this reason, optimum efficiency is aimed instead of obtaining maximum product per unit area. Optimum efficiency is possible with the use of stubble management and agricultural production systems that will ensure sustainability in agricultural production with minimum energy input.

Goals of a conservation tillage system are to bury excessive amounts of residue, reduce the size of residue and redistribute it evenly over the field. To determine the value of ground cover for wind erosion control, assess the percentage of covered ground viewed directly from above. In conservation tillage, there should be at least 30% of vertical stubble in the soil, which is a height between approximately 30 cm to 60 cm and 50% to 60% of horizontal stubble (Anonymous, 2011). When the coverage rate of crop surface residue left on the soil surface is 20%, the percentage of erosion reduction that may occur in soil loss is approximately 50%, while this rate increases to 64 % when the coverage rate is increased to 30 % (Dickey et al., 1986). Retained stubble improves water infiltration. Stubble increases soil moisture retention, particularly in the soil surface pre-seeding and during early crop development. In addition to the benefits of mixing the crop residues left on the field surface after the harvest with the soil, if it is not mixed with the soil properly, it makes the work of the soil cultivation and sowing machines difficult due to the blockages in the seed bed preparation and seeding processes for the next crop. Göknur and Özarslan (1995) investigated the effect of forward speed on the burial rate of crop residues on the soil surface while working with plows and reported that the highest stubble burial rate was determined at forward speeds between 3.69 and 5.92 km h⁻¹. The

effects of low cutting and high cutting applications and different stubble control systems on fuel consumption, work success and the amount of stubble remaining in the field were revealed. Additionally, direct seeding of lentils on stubble and plant emergence were examined for each stubble management system. The difference between low cutting height and high cutting height was found to be statistically insignificant in terms of fuel consumption and the amount of stubble remaining in the field. It has been observed that fuel consumption varies more with the waste management system rather than the cutting height (Kolay et al., 2018)

Unger (1984) found stubble burial rates as 90% in mouldboard and disc plows, 50% in tandem and offset disk harrows, 25% in chisels, and 10% in large tines cultivators. Çarman and Konak (1996) investigated the effect of different direction angle and forward velocity on the burial rate of surface stubble in their study with a heavy-duty disc harrow. They found that the burial rate values varied between 54% and 88%.

Raper (2001) investigated the effect of working depths of disc and chisel type equipment on the burial of crop residues. It has been determined that at large working depths, disc type tillage equipment has a greater effect on the burial of crop residues than chisel type equipment. It has been revealed that when the working depths of chisel type equipment are reduced from 0.33m to 0.18m, the drawbar force and energy requirement are reduced by 50%.

In stubble tillage, it is reported that small fragmentation of crop residues is necessary in order to be mixed with the soil at a higher rate and to decompose in a shorter time (Wieneke, 1990; Tebrügge, 1993). On the other hand, stubble stalks remaining in rough form and not fully fragmented in the soil may prevent the seed from contacting the soil and this may negatively affect germination (Önal and Aykas, 1993).

In a study of the effect of different tillage tools on the amount of stubble on the soil surface, the effect of two different working depths and forward speeds on the amount of stubble remaining on the soil surface was determined for each tillage tool by using the straight line method. In the study, the effect of working depth on the amount of stubble was found to be insignificant for first class tillage tools. According to the data obtained with the straight line method, the effect of the forward speeds on the amount of stubble was found to be significant for first class tillage practices and second class tillage implements treated with plough, while the effect of forward speeds was found to be insignificant in the second class tillage implements in the area treated with chisel (Korucu and Yurdagül, 2013a). Korucu and Yurdagül (2013b) determined the effect of surface residue coverage rate remaining on the soil surface after tillage and tested the reliability of image processing method. They reported that the surface residue coverage ratio values determined as a result of image processing method and intersecting line method are related to each other. Observation-based method, photo comparison method, calculation method and intersecting line method are the most commonly used methods for determining the coverage rate of surface residue on the soil surface (Brown et al., 1992; Al-Kaisi and Hanna, 2013; Korucu, 2003).

Considering that the plow is used extensively by farmers in Central Anatolia today, studies conducted as an alternative to the traditional tillage method have not determined how much of the soil surface is covered with pre-plant residues after planting and whether the application is really effective in preserving soil moisture. Çelik and Altikat (2022) In their study to determine the effect of power harrow on the wheat residue cover and residue incorporation into the tilled soil layer, they

determined that 47% of the residue remaining on the soil surface and in the depths of the tilled soil layer after harvest remained on the soil surface, the rest was incorporated into the tilled soil layer, and the amount of residue incorporated into the tilled soil depth decreased as the soil depth increased. They also reported that the average amount of residue mixed into the soil decreased with all factors as the tilled soil depth increased. Numerous studies have been conducted on the effects of tillage and residue on soil temperature and plant growth, but only a few have involved the effects of alternative tillage practices or crop residue amount on moisture change. Çarman et al. (2021) in their study comparing strip tillage systems, periodically measured soil moisture and temperature measurements until the seed germinated and the sprouts were completed and found that the soil moisture content in conventional tillage was lower compared to strip tillage applications. As a result of the study, they reported that there was a significant difference in soil moisture status between different soil tillage systems and that as the strip width increased, the loss of soil moisture through evaporation also increased and as a result, they reported that the soil moisture content was maintained in relatively narrow strips and despite this, there was no significant difference between strip tillage applications.

In this study, it was aimed to determine the effects of the machines used in conventional tillage and alternative reduced tillage methods on the amount of stubble on the soil surface, surface coverage, burial rate and soil water preservation.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out in the Soil, Water and Desertification Control Research Station in Konya, Türkiye. In the US Soil Taxonomy, the soils of the research station are classified as Typical Xerfluent. Soil properties of the trial area are given in Table 1.

Table 1. Physical and mechanical properties of the soil

	Sand	36.88	
Texture (%)	Clay	42.94	Clay
	Silt	20.18	
PH	8.20		
EC.10 ⁻³ (mmhos/cm)	0.67		
Organic matter (%)	1.21		
Bulk density (gcm ⁻³)	0-15 cm		1.18
	15-30 cm		1.41
Penetration resistance (MPa)	2.66		
Surface roughness (%)	10.5		
Shear resistance (Ncm ⁻²)	1.96		

In the experiments, the conventional soil tillage method, vertical spindle soil tillage machine + roller, horizontal spindle (L blade) soil milling machine + roller and chisel + roller combinations used in the reduced soil tillage method were used and the experiments were carried out with 3 replications.

Tillage methods and machines used are as follows.

- CT: Conventional method: plough + Cultivator - rotary harrow (2 times)
- AT1: Vertical spindle soil milling machine - with roller
- AT2: Horizontal spindle soil mill (L type) - with roller
- AT3: Chisel (winged) - roller

New Holland trademark TD90 model tractor was used. The characteristics of the tools and machines used in the trials are given in Table 2.

Table 2. The specifications of the tools used in experiment

Tool	Body numb er	Construction work	
		(Implement) width (cm)	Type
Plough	4	122	Mounted
Cultivator-rotary harrow combination	11	263	Mounted
Rotary cultivators with vertical axes	8	227	Mounted
Rotary cultivators with horizontal axes (L type) – roller combination	11	260	Mounted
Chisel (winged type) – roller combination	7	210	Mounted

Soil moisture was measured by gravimetric method with a calibrated TDR device (Black et al. 1965). Measurements were made in 10 replicates at 0-20 cm depths in each plot before (control (BT)) and after tillage. In order to observe the moisture changes in the soil due to different tillage treatments, measurements were made at the 2nd, 12th, 24th, 48th and 96th hours after tillage. Penetrometer resistance values obtained up to a depth of 30 cm for every 1 cm depth interval in the soil were recorded on the device (Çarman, 1997). John Deere brand radar device was used to determine operating speeds. Surface profile irregularity was measured using a profilometer constructed from a series of vertical rods spaced 2.5 cm apart on a 100 cm long profile. Surface profile irregularity was calculated using the Kuipers equation (Çarman, 1997).

$$R = 100 \cdot \log_{10} \cdot S$$

(1)

Here;

R: Surface irregularity of the field (%)

S: It is the standard deviation of the measured value.

Before tillage (control (BT)), to determine the amount of stubble on the surface of the trial area, a frame with an area of 1 m² was placed on each trial plot, the stubble in the frame was cut at the soil level and the collected stubble was weighed. This process was carried out in 3 replications for each application parcel and was found to be g m⁻². Images were taken from each application with a digital camera. A frame of 50 x 50 cm (0.25 m²) was used to take the images. The images taken with the camera were saved as image format on the computer. MATLAB programme was used to digitise the stubble density. In MATLAB programme, the images were opened in JPG format and stubble density

was determined by image processing on the opened images (Korucu and Yurdagül, 2013b; Çarman, et al., 2018).

RESULTS

The working characteristics of the equipment of different treatments are given in Table 3. Similar working depths were obtained in the conventional and reduced tillage treatments in the winged chisel. The lowest working depth was obtained in rotary cultivators with horizontal axes.

Table 3. Working characteristics of equipment

Tool	Working depth (cm)	Working width (cm)	Average speed (km h ⁻¹)
Plough	22	120	5.5
Cultivator-rotary harrow combination	15	220	7
Rotary cultivators with vertical axes- roller kombination	18	215	3.0
Rotary cultivators with horizontal axes (L type) – roller combination	12	250	4.2
Chisel (winged type) – roller combination	22	215	2.8

Some physico-mechanical properties of the soil and stubble burial rates after tillage are given in Figures 1 to 6. The effects of different tillage machines on the penetration resistance of the soil are given in Figure 1. Soil penetration resistance values vary between 0.789-1.085 MPa depending on different tillage practices. The largest change in soil penetration resistance was achieved with a 126% decrease in the vertical shaft machine. The effect of different tillage machines on the penetration resistance of the soil was found to be significant ($P < 0.01$).

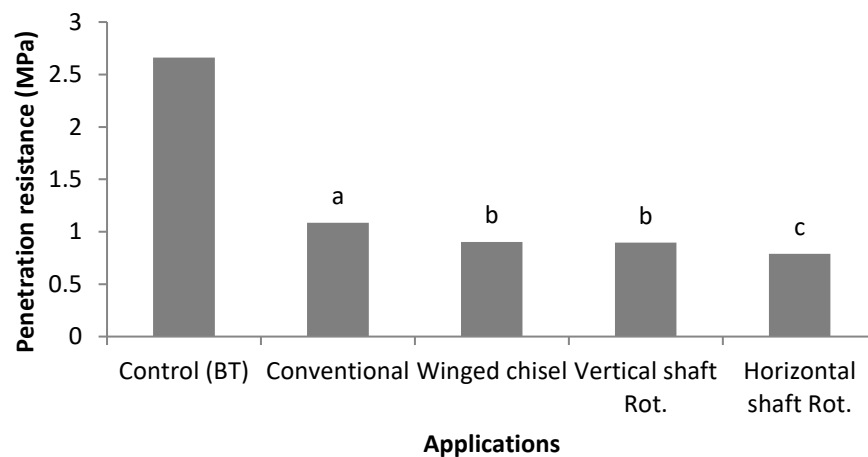


Figure 1. Variation in penetration resistance of soil depending on the treatments (Means indicated by the same letter are not significantly different)

Figure 2 shows the effect of machines on the shear stress of the soil. Depending on the engaging part, the shear stress values of the soil vary between 0.34-0.54 Ncm⁻². The biggest change in the shear stress of the soil, 82.6%, was obtained in the combination of vertical shaft soil milling

machine and roller. The effect of engaging parts on the shear stress of the soil was found to be significant ($P < 0.01$).

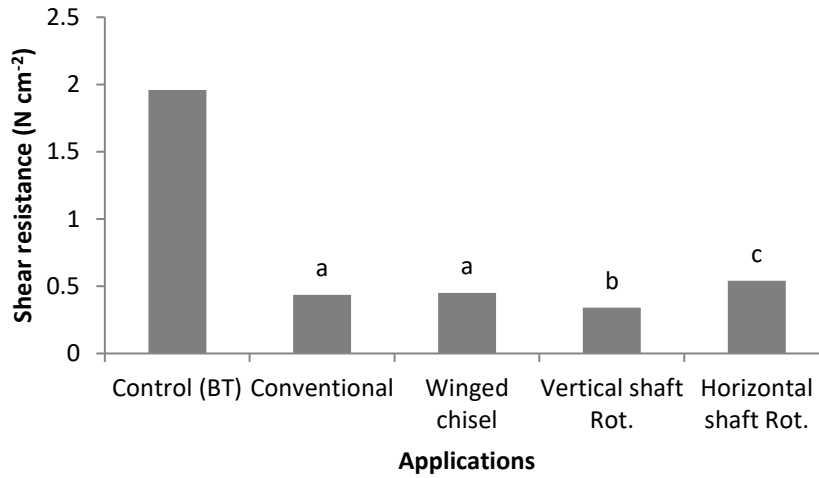


Figure 2. Change in shear resistance of soil depending on the treatments (Means indicated by the same letter are not significantly different)

The effects of different tillage organs on the surface roughness of the soil are given in Figure 3. Depending on the tillage organ, soil surface irregularity values varied between 10.5-29%. The highest value of soil surface irregularity was obtained from the winged chisel application with 29%, while the lowest value was obtained from the before tillage (control (BT)) with 10.5%. The effect of cultivating organs on soil surface irregularity was found to be significant ($P < 0.01$).

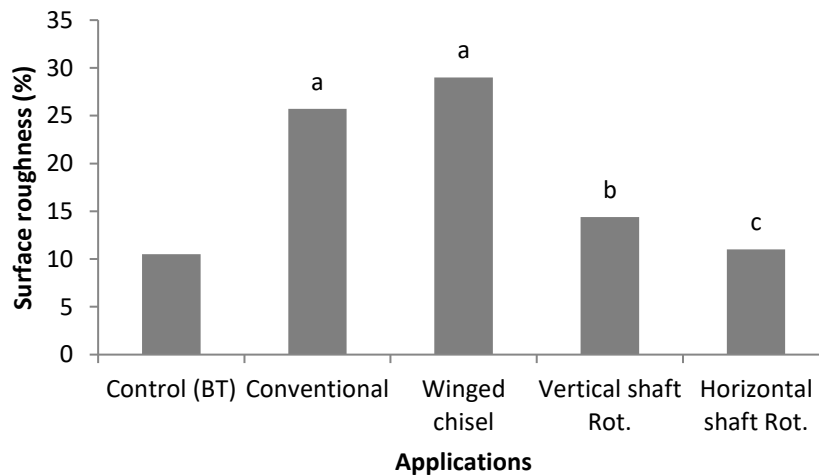


Figure 3. Change in surface roughness of the soil depending on the treatments (Means indicated by the same letter are not significantly different)

The effect of the applications after tillage on the amount of stubble remaining on the soil surface and the stubble burial rate in the soil is given in Figure 4. It was observed that the amount of stubble remaining on the soil surface after tillage varied between 96-130.66 gm⁻² depending on the

applications. The stubble burial rates of the applications vary between 48.21-61.95%. A 61.95% burial rate was achieved in the rotary cultivators with vertical axes. The effect of engaging parts on stubble burial rate was significant ($P<0.01$). Çıtıl (2023), conducted a study with disc harrows and found that the stubble burial rate was 87% with increasing disc diameter, direction angle and number of revolutions.

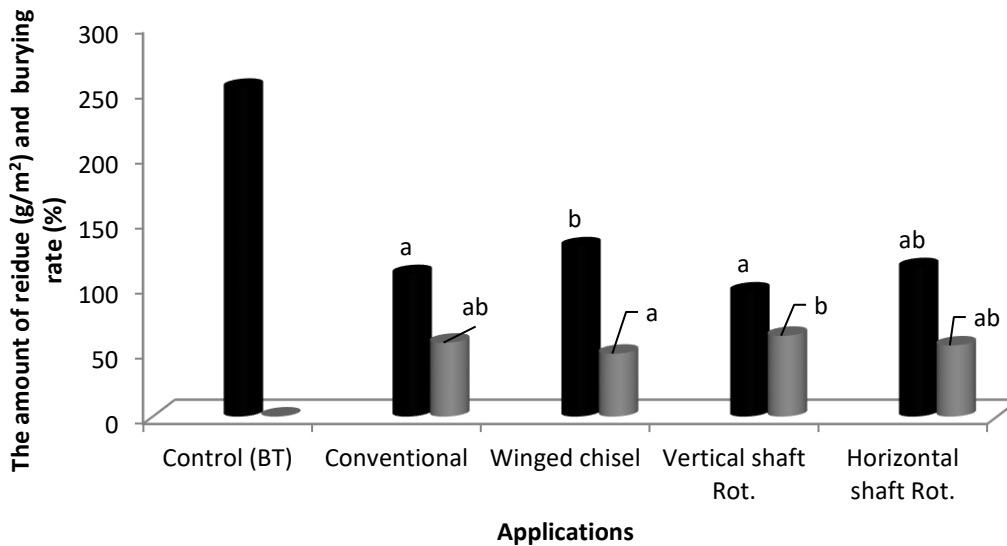


Figure 4. Change in stubble burial rate depending on the treatments (Means indicated by the same letter are not significantly different)

The surface coverage rate of the stubble remaining after tillage varied between 2.85-26.57% (Figure 5). The highest surface coverage rate (26.57%) was obtained with a change of 48.3% in the machine with winged chisel type. The effect of the post-tillage cultivator organs on the stubble coverage rate was found to be significant ($P<0.01$). It was determined that the effects of winged chisel and rotary cultivators with horizontal axes on stubble coverage rates were similar. When evaluated in terms of protective tillage technique, it was found that the results obtained were below the desired minimum limit values (30% in standing stubble and 50-60% for prostrate stubble). Olaoye (2002) reported that after tillage, disc harrow ploughing, ploughing, then disc harrow, disc ploughing, then disc harrow and disc ploughing and then two passes of disc harrow, the crop residue remaining on the soil surface was not significantly different between the disc harrow and plough tillage treatments followed by disc harrow tillage treatments, while the residue on the soil surface in no-till application was not significantly different compared to tillage application, while the application of disc harrow and disc ploughing followed by two passes of disc harrow left 32.1% and 44.3% more residue, respectively. Dursun and Dursun (2018) conducted a research using various tillage methods to estimate the percentage of crop residue cover remaining in the soil in wheat, barley, oat and rye fields, and reported that there was a crop residue between 14.64% and 90.1% on the soilsurface after tillage.

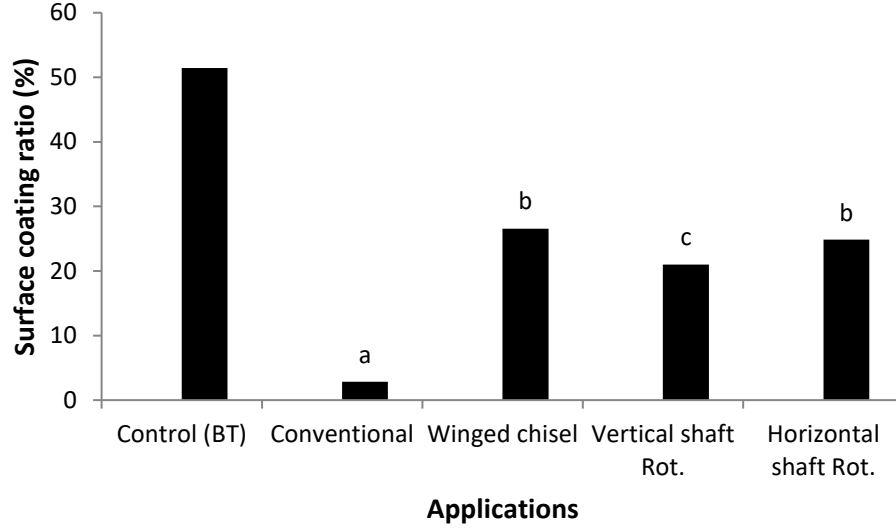


Figure 5. Variation in stubble surface coverage ratios depending on the treatments
(Means indicated by the same letter are not significantly different)

The effect of the machines on the soil moisture change depending on the time after tillage is given in Figure 6. Depending on the treatments, the average soil moisture values at 96th hour after tillage varied between 7.46 and 9.42%. There was a significant parabolic relationship between time after tillage and soil moisture ($R=0.993$). The greatest change in soil moisture values after tillage was obtained with a decrease of 61.5% in the machine with vertical shaft working organ and the smallest change was obtained with 48% in the machine with winged chisel. At 96th hour after tillage, moisture preservation was found to be about 25% higher in the winged chisel treatment compared to the other treatments. The fact that this treatment had the highest stubble coverage rate with 26.57% after tillage showed that it preserved soil moisture better. The effect of tillage organs on the change of soil moisture values was found to be significant ($P<0.01$). At the end of the multiple comparison test, the effects of the applications on soil moisture after the 96th hour were CT:a, AT1:b, AT2:a, AT3:a. The source of the difference was the AT1 application. Abdullah (2014) studied minimum tillage and residue management in semiarid areas. He said that the important reason for soil degradation and decrease in agricultural productivity in semi-arid areas is the agricultural system based on intensive tillage. Minimal tillage and residue management in canola production have been shown to increase soil water content. Ghuman and Sur (2001) studied the effects on soil properties tillage and residue management. They found that 10-13% more water was retained in the soil layers in plots with minimum tillage than in plots with conventional tillage. Çıtıl (2023), conducted with disc harrows, determined the soil moisture loss as 45% approximately 48 hours after tillage depending on the diameter of the concave disk and the direction angle of the disc.

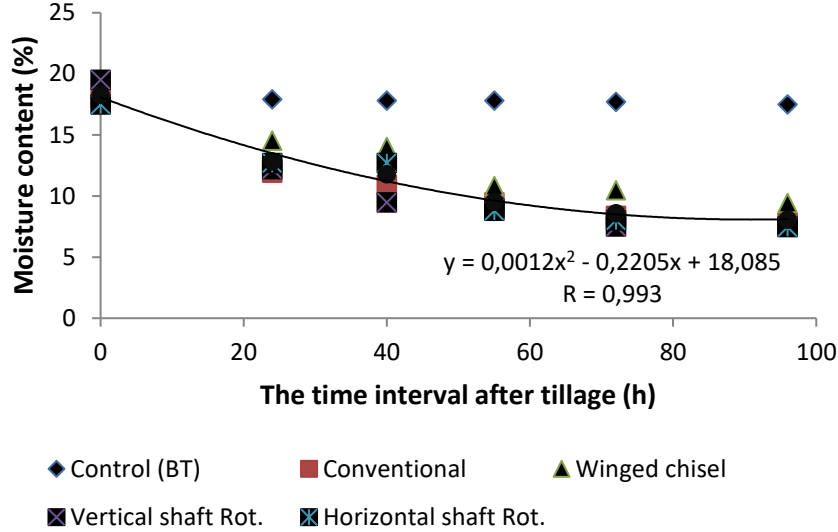


Figure 6. Changes in soil moisture values depending on the treatments

CONCLUSION

- The following evaluations can be made as a result of conventional and alternative tillage practices;
- The effects of active parts of machines on penetration resistance, shear stress of soil and surface roughness of soil were found to be significant.
 - The effect of the applications on the amount of stubble remaining on the soil surface after tillage and the rate of stubble being buried in the soil was found to be significant.
 - The lowest amount of stubble and the highest burial rate were obtained from rotary cultivators with vertical
 - While the surface coverage rates of the stubble remaining after tillage varied between 2.85-26.57%, the highest surface coverage rate (26.57%) was obtained from the equipment with winged chisel with a change of 48.3%.
 - In the winged chisel treatment, it was found that soil moisture was preserved approximately 25% more than the other alternative treatments approximately 4 days after tillage.
 - When the treatments It was evaluated in terms of conservation tillage technique, it can be said that the machine with the winged chisel organ is more suitable both for the preservation of soil moisture and for the higher stubble coverage rates on the surface (although the limit value is below 30%).

REFERENCES

- Abdullah, A. S. (2014). Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research*, 144, 150-155.
- Al-Kaisi.M.,Hanna,M.,(2013). Residue management and cultural practices. <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1901A.pdf>
- Anonymous, 2011. Stubble Management – an integrated approach. GC-stubble-fact-sheet-November-2011-web.pdf

- Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L., & Clark, F. E. (1965). Methods of soil analysis Am. Soc of Agronomy. *Agronomy Series*, (9).
- Brown, L. C., Wood, R. K., & Smith, J. M. (1992). Residue management demonstration and evaluation. *Applied Engineering in Agriculture*, 8(3), 333-339.
- Çarman, K., & Konak, M. (1996). Anızda kullanılabilen ağır tip diskli tırmığın bazı işletme karakteristiklerinin toprak özelliklerine etkisi. 6. *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 502-509.
- Çarman, K. (1997). Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia. *Soil and Tillage Research*, 40(3-4), 201-207.
- Çarman, K., Gür, K., & Marakoğlu, T. (2018). Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the Middle Anatolia. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), 355-360.
- Çarman, K., Çıtıl, E., & Marakoglu, T. (2021). Energy use efficiency of strip tillage systems for corn silage production in Middle Anatolia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2), 293-306.
- Celik, A., & Altikat, S. (2022). The effect of power harrow on the wheat residue cover and residue incorporation into the tilled soil layer. *Soil and Tillage Research*, 215, 105202.
- Dickey, E.C., Jasa, P.J., Shelton, D.P., (1986). Estimating residue cover. *University of Nebraska - Lincoln* <https://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/255/>
- Dursun, İ., & Dursun, E., (2018) Evaluation of Various Soil Tillage Methods in Terms of Percent Crop Residue Cover and Erosion Control. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 7(1), 69-76.
- Çıtıl, E. (2023). Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli Tırmığın Toprak İşleme Performansının Belirlenmesi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD., Doktora tezi, Konya
- Ghuman, B. S., & Sur, H. S. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. *Soil and tillage research*, 58(1-2), 1-10.
- Göknur, İ., & Özarslan, C. (1995). Yerli yapım bazı kulaklı pulluklarla çalışmada traktör ilerleme hızının yüzey artıklarının gömülme oranına etkisi. 16. *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi* 362-369.
- Kolay, B., Gürsoy, S., Avşar, Ö., & Sessiz, A. (2018). Farklı anız yönetim sistemlerinin yakıt, kapasite yönünden karşılaştırılması ve doğrudan anıza ekim. *Derim*, 35(2), 201-208.
- Korucu, T. (2003). Ürün artık miktarı belirleme yöntemleri. 21. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Konya, pp:293-301.3-5.
- Korucu, T., & Yurdagül, F. (2013a). Farklı Toprak İşleme Uygulamalarının Toprak Yüzeyindeki Anız Miktarına Etkisinin Doğru Hat Yöntemi ile Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(2), 1-8.
- Korucu, T., & Yurdagül, F. C. (2013b). Toprak Yüzeyindeki Anız Miktarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım Olarak Görüntü İşleme Yönteminin Kullanılması. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2013(2).

- Midwood, J., Birbeck, P., (2010). Managing heavy stubble loads and crop residue. https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0024/91293/grdcpublicationmanagingstubblepdf.
- Olaoye, J. O. (2002). Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 64(3-4), 179-187.
- Önal, İ., & Aykas, E. (1993). The effects of some pto-driven rotary-tillers on the soil, wheat growth and operational characteristics under the conditions of Aegean region. *5. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, Kuşadası, pp: 119-130
- Raper, R. L. (2001). The influence of implement type and tillage depth on residue burial. In *Soil Erosion* (p. 517). *American Society of Agricultural and Biological Engineers*.
- Tebrügge, F. (1993). Environmental implication of tillage systems. *5. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, Kuşadası-Turkey, pp: 55 – 65.
- Unger, P. W. (1984). Tillage systems for soil and water conservation. *FAO Soils Bulletin*, 54, Rome.
- Wieneke, F. (1990). A new fibrous macerating straw cutter for combines. In *International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. Proceedings of a conference held in Adana, Turkey, 1-4 October 1990*. (pp. 397-406). Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs.

Authors' Biography

Ergün Çıtıl



1976 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2002 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde 2006 yılında Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı. 2010 yılında Selçuk Üniversitesi Sarayönü Meslek Yüksekokulu’nda Öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde 2023 yılında Doktora eğitimini bitirdi. Tarım Makinaları konusunda çalışmalar yapan araştırmacı konusunda birçok kongrede bildiri sunmuş, yurt içi ve yurt dışı makaleler yayınlamıştır. İki projede araştırmacı olarak görev yapmıştır.

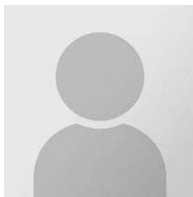
İletişim

ecitil@selcuk.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-2023-9409>

Kazım Çarman



1961 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 1983 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. 1984 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde 1985 yılında Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde 1988 yılında Doktora eğitimini bitirdi. 1988 yılında Yardımcı Doçent olarak Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne atandı. Aynı bölüme 1993 yılında Doçent olarak atandı ve aynı Bölümde 1999 yılında Profesör oldu. Tarım Makinaları konusunda çalışmalar yapan araştırmacı konusunda birçok kongrede bildiri sunmuş, yurt içi ve yurt dışı birçok makalesi yayınlamıştır. Birçok projede yürütücülük yapmıştır. Ayrıca yayınladığı 1 kitap ve bölüm yazarlığı vardır.

İletişim

kcarman@selcuk.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-9860-7403>

Bağımsız Hareketli Bir Ağaç Budama Aparatı Tasarımı ve İmalatı

Design and Manufacturing of an Independent Moving Tree Pruning Apparatus

Hüseyin Güçüm^{1,*}, Ahmet İnce², Laleh Ghanizadeh Hesar²

¹ Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Seyhan/Adana, Türkiye.

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H. Güçüm, e-mail (e-posta): huseyingucum@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 25.06.2024
Düzeltilme tarihi : 19.07.2024
Kabul tarihi : 25.07.2024

Anahtar Kelimeler:

Budama
Otomasyon
İş ve İşçi Güvenliği
Tasarım
İmalat

Atf için:

Güçüm, H., İnce, A., Hesar, L.G., (2024). "Bağımsız Hareketli Bir Ağaç Budama Aparatı Tasarımı ve İmalatı", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 96-111.

ÖZET

Bu çalışmada, özellikle belirli bir yüksekliğe sahip ağaçlarda kademeli kesim işleminin veya sert budama tekniği ile budama işlemlerinin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi hedeflenmiştir. Öncelikli olarak kesim personeli ve diğer çalışanlar açısından iş güvenliği riskleri, sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel faktörler de göz önüne alınmıştır. Çalışanların ve diğer bireylerin hem can hem mal güvenliklerinin sağlanabilmesi için mobil vinçlerde kullanılacak hidrolik çeneli, bağımsız hareketli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı yapılmış, fonksiyonellik denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Bağımsız hareketli budama aparatı; hareketli iki kol (çene), kesim için bir zincirli testere, zincirli testerenin tahriki için bir hidromotor, testerenin ileri geri hareketi ve platformun aşağı yukarı 90°lik hareketini sağlayan hidrolik pistonlardan, aparatın kendi eksenini etrafında dönmesini sağlayan hidrolik rotatordan ve hidrolik güç ünitesinden oluşmuştur. Aparat, kesilecek ağaç dalının dikey ve yatay pozisyonu bilinmediği için kendi ekseninde 360°, dikeyde ise 90° dönebilmektedir. Bütün platformdaki hidrolik donanımlar Elektro Manyetik Valf merkezi ile kumanda edilmektedir. Elektro manyetik valfler Radio Frekans (RF) ile uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. Aparat üzerine monte edilen hidrolik güç ünitesi sayesinde ihtiyaç duyulan güç ve hareket kumandası açısından mobil vinçten bağımsız olarak çalışması sağlanmıştır. Mobil vinç sadece aparatı istenilen yüksekliğe çıkarmak için kullanılmıştır.

Aparatın tasarım parametrelerine bağlı olarak imalatı tamamlanmış, mukavemet analizleri yapılmıştır. Fonksiyonellik denemelerinde, 3 farklı boyda ağaç ile 3 farklı çapta dalları kesebildiği kesilen dal güvenli bir şekilde istenilen bölgede yere indirebildiği belirlenmiştir.

Article Info

Received date : 25.06.2024
Revised date : 19.07.2024
Accepted date : 25.07.2024

Keywords:

Pruning
Automation
Work and Safety
Design
Production

Güçüm, H., İnce, A., Hesar, L.G., (2024). "Design and Manufacturing of an Independent Moving Tree Pruning Apparatus", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 20(2): 96-111.

ABSTRACT

This research presents the design and manufacture of an independent, mobile prototype tree pruning apparatus featuring a hydraulic jaw, aimed to bolster safety during tree maintenance operations. The apparatus can be used with mobile cranes to ensure the safety of workers and third parties and to perform pruning in a shorter time by taking into account occupational safety and health risks, socio-technical system reliability and environmental risks.

Independently Moving Pruning Apparatus; including a hydraulic rotator and a remote-control system, ensuring precise and secure branch pruning. It comprises of a jaw consisting of two moving arms, a chain saw that will perform the cutting, a hydromotor that enables the movement of the saw, hydraulic pistons that provide the back-and-forth movement of the saw and 90° movement of the jaw, a hydraulic rotator that allows the apparatus to rotate around its own axis, and a hydraulic power unit. The apparatus integrates advanced functional rotate 360° on its own axis and 90° on the vertical, ensuring precise and secure branch pruning. The hydraulic equipment on the entire platform is controlled by the Electro Magnetic Valve center. The control system is controlled remotely via RF (Radio Frequency). The hydraulic power unit mounted on the apparatus, supplemented to operate independently of the mobile crane in terms of the required power and control. The mobile crane was used only to raise the apparatus to the desired height.

The manufacturing of the apparatus was completed in accordance with the specified design parameters of the apparatus, after which the requisite strength analyses were conducted. The efficacy of the device was demonstrated in functional trials, which validated its performance across a range of tree sizes and branches of varying thicknesses. It was also shown to lower the cut branch safely to the ground in the desired area.

1. GİRİŞ

Yaşam kalitesi, bireylerin içinde buldukları çevre ve diğer yaşam koşullarından duydukları refah ve memnuniyet düzeylerini ifade eden bir terimdir. Yeşil alanlar da yaşam kalitesini doğrudan etkileyen önemli unsurlardan birisidir. Bu nedenle, parklarda, yerleşim alanlarında ve yollar boyunca bulunan yeşil alanları oluşturan ağaçların bakımları daha önemli hale gelmektedir. Kentsel yeşil alanların doğru bakımı için temel önlemlerden biri de sert ağaç budamasıdır. Bu aşamada dikkat edilmesi gerekli konu, budama sırasında iş güvenliği ve sağlığı kurallarına uyularak insanlara, hayvanlara ve çevreye zarar vermeden işlemi gerçekleştirmektir (Ermokhin ve ark., 2015).

Budama işlemini gerçekleştiren personelin iş güvenliğinin sağlanması, kesilen dalların farklı noktalara düşmesinin önüne geçilerek can ve mal güvenliğinin sağlanması, kesim işlemi esnasında istenmeyen tehlikeli olayların önüne geçilmesi için kesilen ağaç dalının güvenli bir şekilde yere indirilmesi önemlidir. Bu işlem, iş güvenliği tekniklerine uygun şekilde yapılmadığı takdirde can ve mal güvenliği açısından istenmeyen ve telafisi mümkün olmayan durumlar ortaya çıkabilmektedir. İş ve işçi kazalarının önlenmesi için iş güvenliği kurallarına azami derecede uyulmalıdır. İş kazalarını en az düzeye indirecek alet, ekipman ve makinelerin kullanılması gerekliliği birçok çalışmada bildirilmektedir (Fadier ve De la Garza, 2006; Gürcanlı, 2011). Siebert ve ark., (2015) çalışmalarında, enerji dağıtım hatlarının yakınında yapılan budama işlerinde kullanılan çeşitli robotik araçları incelemişler ve özellikle kentsel bölgelerde risklerin azaltılması için özel aparatlar gerektiğini vurgulamışlardır.

Uygulamada sert budama işlemi için birçok makine ve yardımcı aparat kullanılmaktadır. Budama işlemi genel olarak bir vince bağlı sepet içerisindeki işçi tarafından dairesel veya zincirli testereler ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sırasındaki en büyük sorun kesilen dal parçasının serbest olarak yere düşmesi olup daha çok uygun genişliğe sahip boş alanların bulunduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Bu soruna çözüm olarak son yıllarda tutucu mekanizmalı testereler uygulamada yer bulmaya başlamıştır (Mokhirev ve ark., 2022).

Ülkemizde çok uzun ağaçlarda yapılan budama işlemleri genellikle iki adet mobil vinç kullanılarak yapılmaktadır. Birinci vincin ucundaki sepetin içerisine giren iki personel zincirli testere ve halatlar ile yüksek irtifaya çıkarılmaktadır. Personelin biri elindeki halatı kesilmek istenen ağaç dalına bağlamakta ve halatı diğer mobil vincin kancasına takmaktadır. İkinci personel elindeki motorlu testereyi sepet içinde çalıştırmak sureti ile kesme işlemini tamamlamaktadır. Kesim bittiğinde ikinci vinç kesilmiş dalı yere indirme işlemini sağlamaktadır. Bu yöntem hem yüksek maliyetli hem de zaman alıcıdır. En önemlisi iş güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Kesilen dalın indirilmesi esnasında halat kopabilmekte, kesilen dalın kütle merkezi yanlış tahmin edilerek istenmeyen bir yönde istenmeyen bir konuma düşebilmektedir. Ayrıca sepet içerisindeki kesim yapan personelin dengesini kaybederek motorlu testere ile temas etme olasılığı da yüksektir.

Ormancılık alanında daha önceki yapılan çalışmalar, her 1.000 işçinin ortalama 300 tanesinin yılda en az bir iş kazasına uğradığını ve ortalama kazaya uğrayan işçilerin üç iş günü kaybettiğini bunun da maliyetleri çok yükselttiğini göstermektedir (Anonim, 1997; Acar ve Eroğlu, 2016). Motorlu testere kullanırken oluşan iş kazalarında işçiler; %34 el, %4 dirsek, %14 göz, %11 baş, %7 kol ve %30 bacak bölgelerinde yaralanmalara uğramaktadırlar (Gümüş ve Türk, 2011).

Yukarıda bahsedilen olumsuz vakalar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada ağaç budama işlemlerinin kısa sürede ve daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, başta kesim personeli olmak üzere tüm çalışanların iş sağlığı ve güvenliği riskleri ile sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel

riskler de göz önüne alınarak çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal güvenliğinin sağlanması için mobil vinçlerde kullanılabilecek, hidrolik çeneli, bağımsız hareketli ve uzaktan kumandalı bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imatları gerçekleştirilmiş, fonksiyonellik denemeleri yapılmıştır.

2. TASARIM PARAMETRELERİ VE KABULLENMELER

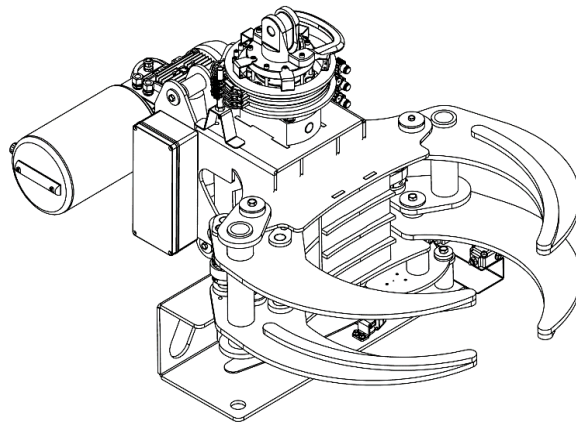
Bu aparatın temel tasarımı bir yüksek lisans tezi çalışmasının (Güçüm, 2020) devamı olarak, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Önceki çalışmada aparatın prototip örneğinin tasarım ve imalatı gerçek ölçü üzerinden 1/4 ölçeklendirilerek gerçekleştirilmiş, kapasite ve aparatın ölçüleri milimetre cinsinden verilmiştir. Prototip aparat da küçültülmüş model olmasından dolayı hidrolik aktüatörler yerine pnömatik aktüatörler kullanılmıştır. Çene açma kapama hareketi, aparatın dikey yönde 90° hareketi ve dairesel 360° dönerek kesim işlemi temsili ağaç dalı kullanılarak başarı ile test edilmiştir. Bu çalışmada aparat gerçek boyutlarda, hareketli iki kol (çene), kesim için bir zincirli testere, zincirli testerenin tahriki için bir hidromotor, testerenin ileri geri hareketi, çenenin 90° hareketini sağlayan hidrolik pistonlar ve budama aparatının kendi ekseninde 360° dönüş hareketini sağlayan bir hidrolik rotatordan oluşmuştur. Aparattaki hidrolik aktüatörleri kumanda eden valf merkezinde elektro manyetik valfler kullanılmıştır. Elektro manyetik valfler ise Radio Frekansı (RF) ile uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir.

Tasarımda şu temel kabullenmeler dikkate alınmıştır:

- 1- Budama aparatı bir döndürme mekanizmasına sahip olmalı (Rotator).
- 2- Çeneler açılıp kapanabilmeli ve dikeyde 90° hareket edebilmeli.
- 3- Testere ünitesi için bir güvenli bölge olmalı, kesim işlemi sonrası testere güvenli bölgeye tekrar geri dönmesi sağlanmalıdır.
- 4- Budama aparatının hareketleri hidrolik aktüatörler ile sağlanmalı.
- 5- Bağımsız hareketin sağlanabilmesi için aparatın ihtiyaç duyduğu hidrolik gücü kendi üzerindeki hidrolik güç ünitesinden alabilmeli.
- 6- Hidrolik güç ünitesinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini yerde bulunan jeneratörden aparata aktarmak için bir Slip-Ring (haberleşme halkası) olmalı.

3. TASARIM METODOLOJİSİ

Aparatın tasarım çizimleri ve mukavemet analizleri SolidWorks 3D katı modelleme programında yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Aparat perspektif görünümü

Kesilen ağaç dallarının tutulmasında Kol-Sarkaç mekanizmalarından istifade edilmiştir. Kesilecek dalı tutmak (kavramak) için dairesel hareket eden (açılıp kapanan) iki adet metal çene tasarlanmıştır. Çenenin açma kapama hareketini sağlayacak lineer hareketli bir hidrolik piston (63 mm silindir, 45 mm rot, 235 mm strok) kullanılmıştır. Aparatın dikeyde 90° hareketi için iki adet hidrolik piston (2 adet, 50 mm silindir, 35 mm rot, 150 mm strok) kullanılmıştır. Çenenin tutabileceği dal çapı, dalın ağaçtaki konumu, ağacın cinsi, yaprak yükü ve kütle merkezi açısından, çenenin kapanması ve ağacı tutma hareketi için pistonun itme kuvveti, kesim anında ise testere düzeneğinin çekme kuvveti ön plana çıkmaktadır. Bütün platformdaki hidrolik aktüatörler Elektro Manyetik Valf Merkezi (Atos, NG6, G merkez ve H merkez) ile kumanda edilmiştir.

Dönme Hareketi

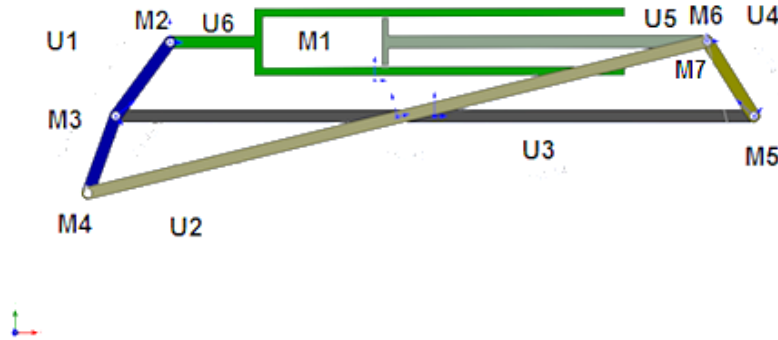
Budama aparatının, kesilmesi düşünülen ağaç dalının dikey ve yatay pozisyonu tam olarak bilinmediğinden dolayı kendi ekseninde 360° dönme hareketi hidrolik rotator (200 bar, 20 l/dak, 1,400 Nm, 5 tonluk) tarafından sağlanmaktadır.

Kesim işlemi

Kesim işleminde kesilecek materyalden parça koparma tekniği ile yüzeye belirli bir açıda ve hızda sürekli şekilde sürtünme yaparak parça koparan zincirli testere (0.404" adımlı) kullanılmıştır. Zincirli Testere düzeneği Zincir, Pala (Guide) ve Zincir Dişlisi (Rim) olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. Tasarımda zincirli testerenin tahriki için bir hidromotor (BMM 8 cc, 100 bar) kullanılmıştır.

Mekanizma

Ağaç budama aparatı çenenin açılıp kapanması ve dikey hareketi olmak üzere iki adet mekanizmaya sahiptir.



Şekil 2. Aparat çene hareket mekanizması

Şekil 2'de görüldüğü üzere çene mekanizmasında 6 adet uzuv (sabit uzuv dahil) ve 7 adet mafsallı bulunmaktadır. Bu mekanizmada M6 ve M7 nolu mafsallar ikili mafsallı oluşturmaktadır.

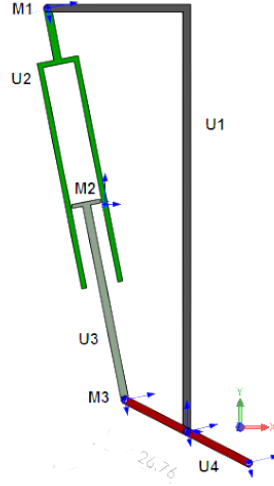
$$F = \lambda(l - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i \quad (1)$$

Eşitlikte;

F : Mekanizma serbestlik derecesi

- λ : Uzay serbestlik derecesi (Düzlemsel uzay:3, Genel uzay:6)
 l : Uzuvsayısı (Sabit uzunluk dahil)
 j : Mafsal sayısı
 f_i : i Mafsalının serbestlik derecesi'ni ifade etmektedir.

Çene mekanizmasının serbestlik derecesi eşitlik 1'den $F=1$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Aparat dikey hareket mekanizması

Dikey manevra mekanizması 4 uzuv ve 4 adet mafsala sahiptir. Mekanizmanın serbestlik derecesi eşitlik 1'den $F=1$ olarak hesaplanmıştır.

Piston Kuvvet Hesabı

Aparatta çene ve kesim ünitesinin 90° hareketi için kullanılan iki piston, testerenin ileri geri hareketi için bir ve çenenin açılıp kapanma hareketi için de bir adet olmak üzere toplam dört adet piston tasarlanmıştır. Piston kuvvet hesaplamasında, aparatın çene ve kesim ünitesinin ağırlığı 240 kg'dır. Ağırlık merkezinin sabit mesnet mafsalına uzaklığı 140 mm, piston mili mafsalının sabit mesnet mafsalına uzaklığı 106 mm olduğu kabul edilerek piston hareket mafsalının 90° 'lik hareketi için oluşacak moment değerleri birbirine eşitlenirse ihtiyaç duyulan kuvvet 317 kg olarak hesaplanmıştır. 90° hareketi pistonu (2 adet, 50 mm silindir, 35 mm rot, 150 mm strok) ve çene pistonu (63 mm silindir, 45 mm rot, 235 mm strok) ve kapatma hareketi için sistem hidrolik basıncı 100 bar olarak düşünülmüştür.

Aparatta kullanılan pistonların itme kuvvetine (F_i) ve çekme kuvvetine (F_c) bağlı olarak piston kuvvet hesapları aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır.

$$F_i = P * A_i \quad (2)$$

$$A_i = \pi * \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$F_c = P * A_c \quad (4)$$

$$A_{\text{ç}} = \pi * \left(\left(\frac{D_p}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_m}{2} \right)^2 \right) \quad (5)$$

Eşitliklerde;

F_i : Piston itme kuvveti, (kg)

$F_{\text{ç}}$: Piston çekme kuvveti, (kg)

P : Hidrolik pompa basıncı, (bar)

A_i : Piston silindir alanı, (cm²)

$A_{\text{ç}}$: Piston çekme etki alanı, (cm²)

D_p : Piston borusu iç çapı, (cm)

D_m : Piston mili çapı, (cm)'ni ifade etmektedir.

Yapılan hesaplama sonucunda 90°'lik hareketi için bir pistonun kuvveti F_i : 1,962.50 kg ve $F_{\text{ç}}$: 1,256.00 kg hesaplanmıştır. Çene pistonu kuvveti F_i : 3,115.67 kg ve $F_{\text{ç}}$: 1,526.04 kg hesaplanmıştır.

Aparat üzerindeki hidrolik aktüatörlerin ihtiyaç duyduğu güç hesabı için hidrolik rotator döndürme momenti üzerinden yapılmıştır.

Döndürme Momenti ve Güç

$$M_D = \frac{1}{2} * F * D \quad (6)$$

$$P = \frac{T * n}{9550} \quad (7)$$

Eşitliklerde;

M_D : Döndürme momenti, (Nm)

F : Kuvvet, (N)

D : Çap, (m)

P : Motor gücü, (kW)

T : Tork, (Nm)

n : Devir sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

Açısal Hız

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60} \quad (8)$$

Eşitlikte;

ω : Açısal hız, (rad/s)

n : Devir sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

Çevresel Hız ve Açısal İvme

$$V = \omega * r \quad (9)$$

$$\alpha = \omega * V \quad (10)$$

$$\alpha = \omega^2 * r \quad (11)$$

Eşitliklerde;

V : Hız, (m/s)

r : Yarı çap, (m)

ω : Açısal hız, (rad/s)

α : Açısal ivme, (rad/s²)'yi ifade etmektedir.

Tork

$$T = J_m * \alpha \quad (12)$$

$$J_m = \frac{M}{2} * r^2 \quad (13)$$

Eşitlikte;

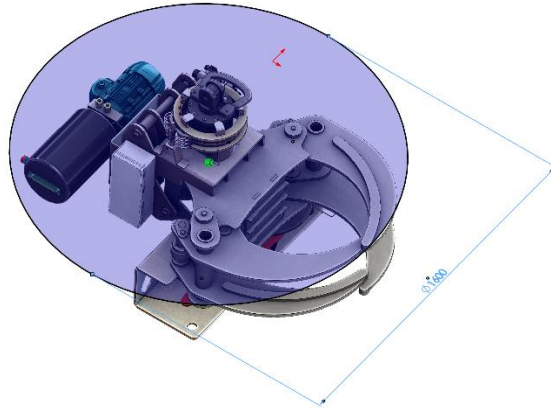
T : Tork, (Nm)

M : Döner cismin kütlesi, (kg)

J_m : Dönme atalet kuvveti, (kgm²)

α : Döner cismin açısal ivmesi, (rad/sn²)

r : Döner cismin yarıçapı, (m)'ni ifade etmektedir.



Şekil 4. Aparat dönüş çapı

Budama aparatı kesme işleminden önce kendi ekseninde dönerken veya kesim işleminden sonra kendi ekseninde dönüş esnasındaki ivme ile üzerindeki ağaç yükü ve kütle merkezine bağlı olarak bir atalet momenti oluşacaktır. Oluşan bu atalet momentinin bir anda sıfırlanması mümkün olmayacağından dolayı açısal hızı ve buna bağlı ivmeyi minimum seviyede tutmak için aparatın kendi eksenindeki 360°'lik dönüşü hızı maksimum 10 d/d olarak kabullenilmiştir. Dönme çapı 1.6 m olarak alındığında eşitlik 8'e göre açısal hız 1.05 rad/s olarak hesaplanmıştır.

Açısal hıza bağlı olarak çizgisel hız, Eşitlik 9'dan 0.84 m/s olarak hesaplanmıştır.

Açısal hız ile çizgisel hıza bağlı olarak da açısal ivme eşitlik 10'dan 0.882 rad/s² olarak hesaplanmıştır. Açısal ivmeye bağlı olarak dönme atalet kuvveti eşitlik 13'den 112.00 kg.m² olarak ve döndürme momenti eşitlik 12'den 98.784 Nm olarak hesaplanmıştır. Seçilen hidrolik rotatorun teknik özellikleri ile karşılaştırıldığında (100 bar basınçta 700 Nm) döndürme momenti 98.784 Nm < 700 Nm olduğundan ihtiyacı duyulan gücü karşılayacaktır.

Hidrolik rotator, testere tahrik motoru, çene pistonu ve platformun 90° aşağı-yukarı hareket pistonunun ihtiyaç duyduğu hidrolik güç için aparat üzerine monte edilen bir hidrolik güç ünitesi tasarlanmıştır. Bu hidrolik güç ünitesinin çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi bu çalışmada tasarlanan ve imal edilen Slip-Ring vasıtası ile aparat üzerindeki kumanda devrelerini muhafaza eden elektrik panosuna aktarılması sağlanmıştır.



Şekil 5. Slip-Ring tasarım ve imalatı

Zincirli testere tahrik motoru 2,500 d/d üzerinde olması planlanmış ve 8 cc/devir deplasmana sahip bir hidro motor seçilmiştir. Powerpack ünitesindeki hidrolik pompa da 8 cc/devir deplasmana sahip olması gerektiğinden hidrolik pompa elektrik motoru 2,760 d/d olarak seçilmiştir.

$$P = \frac{T \cdot n}{9550} \quad (14)$$

Eşitlikte;

T : Tork, (Nm)

P : Güç, (kW)

n : Devir Sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

Seçilen hidro motorun teknik özelliklerine göre maksimum dönme momenti 11 Nm olarak belirtildiğinden hareketle pompa elektrik motoru gücü eşitlik 14'e göre $P= 2.88$ kW hesaplanmış, Powerpack ünitesindeki elektrik motoru 3 kW olarak seçilmiştir. 8 cc/devir deplasmana sahip hidrolik pompa 2,760 d/d ile döndüğünden pompa debisi $Q = 22$ l/d olacaktır.

Hidrolik rotator teknik özelliklerinde debi 20 l/d verilmiş ve devir sayısı 10 d/d kabullenildiğinden rotator devir sayısını ayarlamak için debi kontrol valfi kullanılmıştır.

Çene pistonu kuvveti F_i : 3,115.67 kg, 90°'lik hareketi için bir pistonun kuvveti F_i : 1,962.50 kg hesaplanmıştır.

Çene ve 90°lik hareketi için piston hızı;

$$Q = \frac{A \cdot V \cdot 3}{50} \quad (15)$$

Eşitlikte;

Q : Pompa debisi, (l/d)

V : Piston hızı, (cm/s)

A : Piston silindir alanı, (cm²)'nı ifade etmektedir.

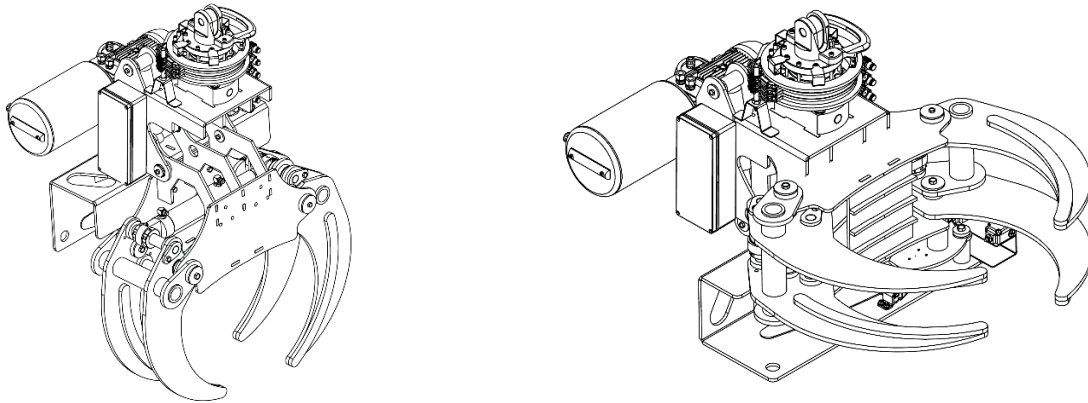
Seçilen pompa debisi 22 l/d ise bu durumda eşitlik 15'ten çene piston hızı 11.77 cm/s ve 90°lik hareket piston hızı 18.68 cm/s olarak hesaplanmış hızların yüksek olmasından dolayı piston hızlarını ayarlamak için debi kontrol valfleri kullanılmıştır.

Hidrolik Kumanda Sistemleri

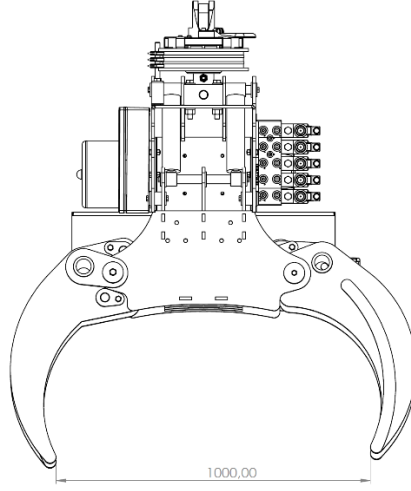
Hidrolik aktüatörlerin akış şeması "Festo FluidSIM v4" programında tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Hidrolik basınç giriş (besleme) hattında aparat üzerinde kullanılan hidrolik devre elemanlarının çalışması için ihtiyaç duyduğu akışkan miktarını ve basıncını kontrol altında tutmak için bir hidrolik basınç regülatörü ile hidrolik basınç emniyet valfi kullanılmıştır. Pistonların itme ve çekme hızlarını ayarlamak için itme ve çekme hatlarına Tek Yönlü Akış Kontrol Valfleri kullanılmıştır. Çenenin kesilecek ağaç dalını tuttuğu pozisyon bilgisini almak için CKV (Çene Kapanma Valfi) hattında BS (Hidrolik Basınç Sensörü) kullanılmıştır.

Çene Tasarımı

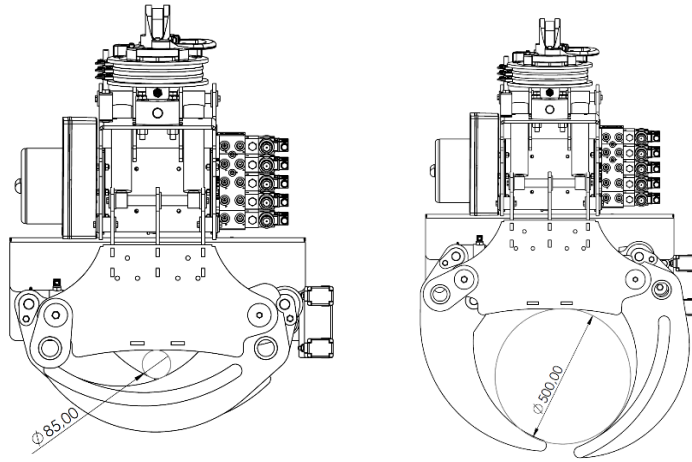
Aparatın tasarım çizimlerinde SolidWorks 3D katı modelleme programı kullanılmıştır. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de aparata ait çizimler verilmiştir.



Şekil 6. Platform 90° Aşağı-Yukarı hareketi



Şekil 7. Aparatın tam açık pozisyonu

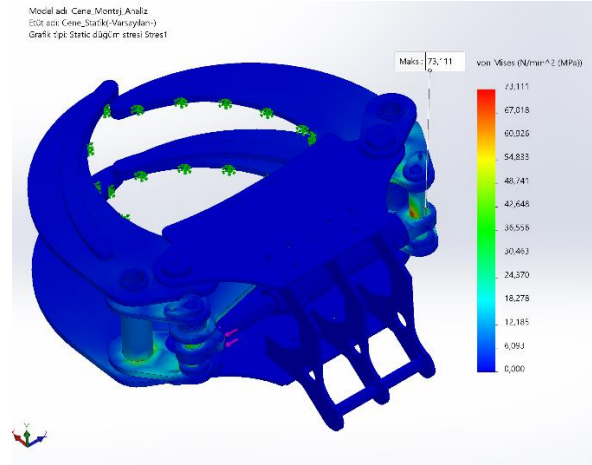


Şekil 8. Aparatın minimum ve maksimum tutma çapları

Aparat Statik Kuvvet Analizleri

Yapılan hesaplama sonucunda çene pistonu için F_i : 3,115.67 kg ve F_c : 1,526.04 kg hesaplanmıştır. En yüksek kuvvet alındığında yukarı yuvarlanarak 3,200 kg üzerinden SolidWorks programında mukavemet analizleri yapılmıştır (Şekil 9).

Çeneyi hareket ettiren pistonun bağlandığı mil 40 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite kullanılmıştır. Milin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) SolidWorks üzerinde 1.7225 (42CrMo4) Materyal kodu ile R_m (Gerilme Direnci) 1,000 N/mm², R_e (Akma Mukavemeti) 750 N/mm², olarak tespit edilmiştir.



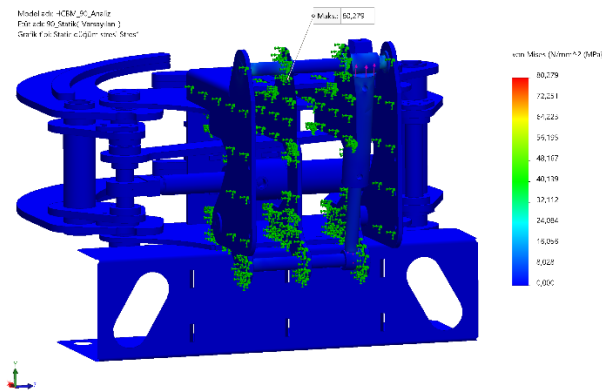
Şekil 9. Çene mukavemet analizi

Yapılan analiz sonucunda hesaplanan piston kuvvetine maruz kalacak bileşenlerde oluşacak maksimum Rm (Gerilme Direnci) 73.11 N/mm² olarak hesaplanmış olup 40mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite (1.7225, 42CrMo4) çene milinin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) ile karşılaştırıldığında 73.11 < 1,000 N/mm² olduğundan kullanılan milde herhangi bir deformasyon olmayacağı tespit edilmiştir.

90° Hareket Pistonunun itme kuvvetine (Fi) ve çekme kuvvetine (Fç) bağlı olarak piston kuvvet hesapları daha önceki eşitlikte uygulanan formüller ile hesaplandığında

Yapılan hesaplama sonucunda Fi: 1,962.50 kg ve Fç: 1,256.00 kg hesaplanmıştır. En yüksek kuvvet alındığında yukarı yuvarlanarak 2,000 kg üzerinden iki piston için toplam 4,000 kg olarak SolidWorks programında mukavemet analizleri yapılmıştır (Şekil 12.-14.).

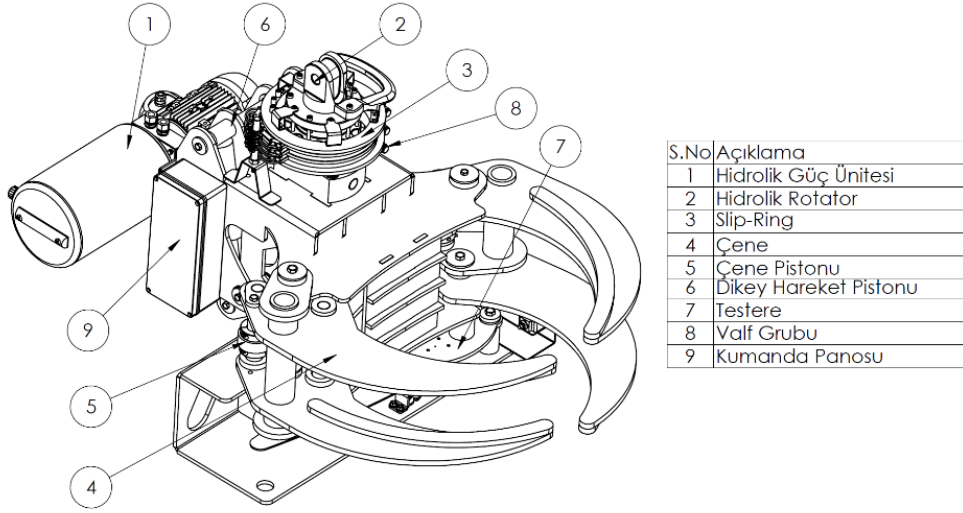
Aparatı 90° hareket ettiren mil 30 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite kullanılmıştır. Milin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) SolidWorks üzerinde 1.7225 (42CrMo4) Materyal kodu ile Rm (Gerilme Direnci) 1,000 N/mm², Re (Akma Mukavemeti) 750 N/mm², olarak tespit edilmiştir.



Şekil 10. 90° Hareket mukavemet analizi

Yapılan analiz sonucunda hesaplanan piston kuvvetine maruz kalacak bileşenlerde oluşacak maksimum Rm (Gerilme Direnci) 80.28 N/mm² olarak hesaplanmış olup 30 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite (1.7225, 42CrMo4) 90° hareket milinin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) ile karşılaştırıldığında 80.28 < 1,000 N/mm² olduğundan kullanılan milde herhangi bir deformasyon

olmayacağı tespit edilmiştir. Bağımsız hareketli budama aparatının tasarım şematik görünümü Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Bağımsız hareketli budama aparatı tasarım şematik görünümü

4. FONKSİYONELLİK DENEMELERİ

Denemeler Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Atölyesi bahçesinde bulunan 8, 10 ve 12 m boyunda ağaçlar üzerinde yapılmıştır. Aparatın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi zeminde bulunan 380 volt 5.5 kW güçte bir jeneratör ile sağlanmıştır. Aparat üzerindeki hidrolik güç ünitesine elektrik enerjisinin aktarımı Slip-Ring (Haberleşme halkası) ile sağlanmıştır. Bu şekilde aparatın çalışması için gerekli olan hidrolik güç ve elektrik enerjisi mobil vinçten bağımsız olarak sağlanmıştır. Mobil vinç sadece aparatın istenilen yüksekliğe kaldırılması için kullanılmış olup aparat mobil vinçten enerji ve kumanda açısından bağımsız olarak çalışmıştır. Bağımsız hareketli budama aparatının denemeleri için 15 ton kaldırma kapasitesine sahip 15 m bom uzunluğu bulunan bir yüksek irtifa mobil vinç kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda aparatın kendi ekseninde 360° dönebildiği dikeyde 90° hareket edebildiği, kesilmek istenen 100, 250 ve 400 mm çapa sahip ağaç dallarını istenilen şekilde tutabildiği, kesim işleminden sonra kesilen dalları istenilen konumda yere güvenli bir şekilde indirebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 12. Bağımsız hareketli budama aparatı fonksiyonellik denemeleri

5. SONUÇ

Tasarımı, imalatı ve denemeleri tamamlanan Bağımsız Hareketli Budama Aparatı'nın kendisinden beklenen fonksiyonel hareketleri gerçekleştirebildiği, kesilecek ağaç dallarını tutma ve kesme işlemlerini başarılı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Çalışma sonunda bu tip bir ağaç budama aparatının uzaktan kumanda ile kontrol edilerek insansız şekilde yüksek irtifalarda çalışabileceği, tasarım boyutları ile kullanılan vinç bomunun uzunluğuna bağlı olarak istenilen yüksekteki ve kalınlıktaki ağaç dallarını çenesi ile yakalayabileceği, kesim işlemini gerçekleştirebileceği, kesilen ağaç dallarını kontrollü bir şekilde istenilen bir bölgeye indirerek çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal kaybının önüne geçilerek güvenli bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde Büyükşehir ve İl belediyesi ile bunlara bağlı ilçe belediyelerinin Park ve Bahçeler Müdürlükleri ile Orman Genel Müdürlüğüne bağlı birimlerinde budama ve kesim işlerinin hızlı, ekonomik ve en önemlisi güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesinde büyük bir katkı sağlayacaktır.

Bağımsız Hareketli Budama Aparatı'nın sanayileşmeye aktarılması ile seri üretime geçilerek makine üretim sektöründe istihdam sağlayacak ilerleyen süreçte ihracatı yapılarak ülkemize önemli ölçüde katma değer sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, H.H., Eroğlu, H. (2016). *Ormancılık İş Bilgisi ve İş Güvenliği*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 235, Fakülte Yayın No: 41, Trabzon.
- Anonim, 1997. *Health and Safety Executive*, (1997). The costs of accidents at work, HSG96, Great Britain.
- Ermokhin M V, Sudnik A V, Yakovlev A P and Voznyachuk I P 2015 Methodology for determining the emergency hazard of trees in the composition of green spaces on the lands of settlements. *Materials of the III International conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician N V Smolsky* "Problems of conservation of biological diversity and use of biological resources" Minsk 68
- Fadier, E., & De La Garza, C. (2006). *Safety design: Towards a new philosophy*. *Safety Science*, 44(1). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.09.008>
- Güçüm, H. (2020). Hidrolik Çeneli Ağaç Budama Aparatı Prototipi Tasarımı ve İmalatı. Yl. Tez. *Çukurova Üniversitesi*.
- Gümüş, S., Türk. Y., (2011). Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, cilt.7, ss.1-9.
- Gürcanlı, G. E. (2011). Yeni ve Zorunlu Bir Kavram Olarak "İş Güvenliği İçin Tasarım". *3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 133-142.
- Mokhirev, A. P., Rukomojnikov, K. P., Ye Ariko, S., Iliushenko, D. A., Kalyashov, V. A., Tikhonov, E. A. (2022). Devices for trimming trees in urban areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1010(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012089>
- Siebert, L. C., Toledo, L. F. R. B., Block, P. A. B., Bahlke, D. B., Roncolato, R. A., & Cerqueira, D. P. (2015). A survey of applied robotics for tree pruning near overhead power lines. *Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Robotics for the Power Industry, CARPI 2014*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/CARPI.2014.7030070>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Urban trees provide a wide range of ecosystem services for city residents. The hardships of urban conditions must be identified and precautions must be taken regarding urban tree care. Specifically, in roadside planting, pruning of trees is the most important maintenance practice that are carried out by municipalities. Carrying out these activities in public areas may result in the exposure of both workers and the general public to a range of potential dangers and risks. In tree pruning services, work is usually done at heights. Equipment such as ladders and elevatable mobile work platforms are used for working at heights. On the other hand, the act of tree pruning on the urban trees is usually associated with safety and reliability of the power systems and people. These hazards include falling from height, the cut branch hitting the worker, the cut branch falling on people or vehicles passing through the work area, as well as pruning around overhead power lines is a hazardous task due to the possibility of contact with the energized.

This paper, discusses some requirements to enable technology in urban areas and focuses on the design and manufacturing of an innovative tree pruning apparatus to enhance safety for workers and environments. For this goal the independent moving pruning apparatus was designed and manufactured, and functionality tests were carried out.

Methodology

The pruning apparatus was meticulously designed to feature two circularly moving metal jaws capable of securely grasping tree branches. This design was created using SolidWorks 3D CAD software.

The apparatus incorporates a 0.404-inch chain saw, operated via a hydromotor, to execute cuts. With a 360° rotational capability and 90° vertical movement, the device ensures adaptability to various tree branch positions, enhancing operator safety. A dedicated hydraulic power unit, supplemented by a Slip-Ring for electrical energy transfer, enables independent functionality. Functional trials were conducted to assess the performance of the apparatus on trees of different heights and branches diameters.

Results demonstrated the apparatus's ability to rotate 360° horizontally and move 90° vertically, effectively grasp branches of varying thicknesses, execute cuts precisely, and safely lower severed branches.

Results and Conclusions

The study concludes that the developed tree pruning apparatus can operate unmanned, remotely controlled, at considerable heights, and effectively cutting branches of diverse dimensions. Its implementation promises enhanced safety for workers and bystanders, particularly within municipal and forestry settings.

With the industrialization of this innovation, it will create employment opportunities in the machinery production sector and there will be a significant economic growth potential by facilitating exports.

Yazarların Biyografisi



Hüseyin GÜCÜM

Lisans eğitimini Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü'nde tamamladı (1993-1997). 2001-2002 yıllarında Bilge Adam Eğitim Kurumlarında Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified System Engineer ve Microsoft Certified Trainer eğitimlerini tamamladı (MCP, MCSE, MCT), Çukurova Üniversitesi Ceyhan MYO Ön Lisans Elektrik Programını tamamladı (2005) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı (2018-2020). 2001-2014 Yılları arası Ceyhan Belediye Başkanlığı'nda değişik birimlerde yöneticilik yaptı, 2014-2019 yılları arası Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı'nda değişik birimlerde şube müdürlüğü yaptı. 2019 yılından bu zamana kadar Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Tarımsal Hizmetler Daire Başkanlığı, Tarımsal Hizmetler Şube Müdürlüğü'nde Mühendis olarak çalışma hayatına devam etmektedir. Yapmış olduğu araştırmalardan 4 adet Patent/FM'i vardır.

İletişim

huseyingucum@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-9914-771X>



Ahmet İNCE

Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde tamamladı (1988-1992). Yüksek Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı'nda tamamladı (1993-1995). Doktora eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı'nda tamamladı (1995-2002). 1994 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Araştırma görevlisi olarak başladığı akademik hayatına Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Profesör Dr. ünvanı ile öğretim görevlisi olarak devam etmektedir. Yapmış olduğu araştırmalardan 4 adet Patent/FM'i vardır.

İletişim

aincetr@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-5722-0552>



Laleh GHANIZADEH HESAR

Lisans eğitimini Urmiye Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvancılık Bölümü'nde tamamladı (1995-2000). 2000-2011 yılları arasında özel bir tavuk yetiştirme merkezinde Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2024 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Doktora eğitimini tamamladı. Yapmış olduğu araştırmalardan 1 adet Patent/FM'i vardır.

İletişim

lale.ghanizadeh@yahoo.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-0683-8798>

Bağ Artıklarının Parçalanmasında Kullanılan Bir Makinanın Bazı Çalışma Parametrelerine Bağlı Olarak Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Determination of Management Values for Vineyard Pruning Residues of the Branch Shredder Machine

Abdullah Sessiz^{1*}, İlyas Demirel²

^{1*} Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye.

² Dicle İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Dicle/Diyarbakır, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): A. Sessiz, e-mail (e-posta): asesiz@dicle.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 14.06.2024
Düzeltilme tarihi : 13.08.2024
Kabul tarihi : 14.08.2024

Anahtar Kelimeler:

Bağ
Budama artıkları
Dal parçalama
Makina tasarımı
Parçalayıcı bıçak

Sessiz, A., Demirel, İ., (2024). "Bağ Artıklarının Parçalanmasında Kullanılan Bir Makinanın Bazı Çalışma Parametrelerine Bağlı Olarak Güç Tüketiminin Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 112-121.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, budama artıklarının parçalanmasında kullanılan bir makinanın parçalayıcı bıçak sayısı ve bıçakların dönü sayısına bağlı olarak üç farklı üzüm çeşidi için güç gereksinimini belirlemek ve seçilen parametrelere bağlı olarak bağcılık yapan işletmeler için satın alınacak makinalar için uygun güç seçimini yapmaktır. Bu amaçla, çalışmada bitkisel materyal olarak Diyarbakır ili Dicle ilçesinde bir üreticiye bağ alanlarından Boğazkere (şaraplık), Öküzgözü (şaraplık) ve Mazurmi (şire) üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin budama artıklarından yararlanılmıştır. Bağ budama artıklarının değerlendirilmesine ve devam eden sorunların çözümüne yönelik yürütülen bu çalışmada; dal öğütme amacıyla üretilen bir makina ikili, üçlü ve dörtlü kıyıcı bıçak kullanılarak, üç farklı bıçak devir (1500 d/dk, 2000 d/dk ve 2500 d/dk) sayısında ve sabit besleme miktarlarında gerçekleştirilmiştir. Üç üzüm çeşidi için parçalayıcı bıçak sayısının ve kıyıcı bıçak devir sayısının güç tüketimine olan etkisi belirlenmiştir. Sonuçlarına göre güç tüketim açısından çeşitler arasında istatistiksel olarak fark önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). En yüksek güç tüketimi Şire üzüm çeşidinde 4.565 kW olarak elde edilirken, Boğazkere ve Öküzgözü üzüm çeşitleri arasında fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Her üç çeşitte de bıçak devir sayılarının güç tüketimine olan etkisi çok önemli olmuştur. Bıçak devir sayılarının artışına bağlı olarak güç tüketiminde doğrusal bir artış meydana gelmiştir. En fazla güç tüketimi değeri 4.722 kW olarak 2500 d/dk'lık kıyıcı bıçak devir sayısında elde edilirken, 2000 d/dk'da 4.102 kW ve 1500 d/dk'da 3.574 kW olarak elde edilmiştir.

Article Info

Received date : 14.06.2024
Revised date : 13.08.2024
Accepted date : 14.08.2024

Keywords:

Vineyard
Pruning residues
Ranch shredding
Machine design
Shredder blade

Sessiz, A., Demirel, İ., (2024). "Bağ Artıklarının Parçalanmasında Kullanılan Bir Makinanın Bazı Çalışma Parametrelerine Bağlı Olarak Güç Tüketiminin Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 112-121.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the power requirement of a machine for shredding pruning residues for three different grape varieties, depending on the number of shredder blades and the peripheral speed of the blades, in order to enable wine-growers to select the machine with the correct power capacity depending on the parameters selected. For this purpose, pruning residues of Boğazkere (wine grape), Öküzgözü (wine grape) and Mazurmi (vineyard) grape (*Vitis vinifera* L.) varieties from the vineyards of a producer in the Dicle district of Diyarbakır province were obtained and used as plant material in the study. In this study carried out to evaluate vineyard pruning residues and solve ongoing problems; The study was carried out using double, triple and quadruple chopper blades on a machine produced for branch grinding, at three different blade speeds (1500 rpm, 2000 rpm and 2500 rpm) and constant feeding amounts. The effect of the number of shredder blades and the speed of the chopper blades on power consumption was determined for three grape varieties. According to the results, the statistical difference between the varieties in terms of power consumption was found to be significant ($p < 0.01$). While the highest power consumption was 4.565 kW in the Şire grape variety, the difference between Boğazkere and Öküzgözü grape varieties was not statistically significant. In all three types, the effect of blade speeds on power consumption was highly significant. There was a linear increase in power consumption due to the increase in blade speeds. While the highest power consumption value was 4.722 kW at the chopper blade speed of 2500 rpm, it was 4.102 kW at 2000 rpm and 3.574 kW at 1500 rpm.

1. GİRİŞ

Türkiye’de bağcılığın yoğun yapıldığı bölgelerden birisi, Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Bölge, önemli bir bağ üretim alanı ve potansiyeline sahip olmasına rağmen üretimin küçük alanlarda yapıyor olması sebebiyle bağcılık uygulamaları mekanizasyon açısından yok denecek kadar azdır. Özellikle, orta ölçekli denilebilecek işletmeler hariç toprak işleme uygulamaları dışında, mekanizasyon uygulamaları yetersizdir. Makinaların girebildiği yerlerde kültivatör kullanılarak toprak işlenmektedir. Traktörün giremediği küçük, meyilli ve düzensiz dikim yapılan bağlarda hayvan pulluğu kullanılmaktadır. Modern bağ alanları ve sayıları giderek artmaktadır. Gerek eski ve gerek yeni bağ alanlarında farklı dönemlerde yapılan sürgün budama işleri tamamen insan tarafından makas, testere veya bağ bıçağı kullanılarak yapılmaktadır. Budama işlemlerinin ardından fazla miktarda bağ budama artıkları oluşmaktadır. Ülkemiz genelinde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde de bağcılığın sorunlarından bir tanesi, budama sonrası bağda bırakılan dalların çeşitli nedenlerden dolayı toplanamaması ve dolayısıyla bitkisel artık olarak değerlendirilememesidir. Budama yapıldıktan sonra farklı boylarda oluşan budama artıkları, dallar ve sürgünler ya parçalanmadan olduğu gibi bağın içinde bırakılmakta ya da bağ sınırını oluşturan duvar bentlerinin üzerine konularak çit amacıyla kullanılmakta veya yakılmaktadır. Bağda parçalanmadan bırakılan dallar toprak işlemeyi zorlaştırmanın ve çevreyi kirletmenin yanı sıra çeşitli hastalık ve zararlıların oluşumuna neden olmaktadır (Sessiz ve Öngören, 2022).

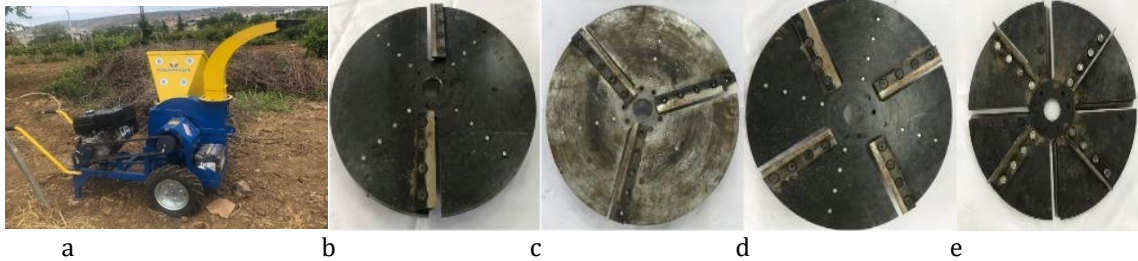
Son yıllarda başta bağ üreticisi ülkeler olmak üzere Türkiye’de de bitkisel artıkların toprak için organik madde olarak değerlendirilmesi konusu önemli hale gelmiştir. Bu konuyla ilgili olarak gerek ülkemizde ve gerek dünyada çalıştay gibi çeşitli bilimsel çalışmalar yürütülmekte, etkinlikler düzenlenmektedir. Bunlardan bir tanesi Ege ve Akdeniz Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen “Budama Artıklarını Değerlendirme ve Tedarik Zinciri Oluşturma”ya yönelik gerçekleştirilen BİTAD2024 çalıştayı buna bir örnektir. Dolayısıyla, bitkisel artıkların parçalanıp küçük boyutlara getirilmesi, toprağa karıştırılması gibi işlemler hem toprağın hem de bağcılığın sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır. Bunu sürdürülebilir kılmak için her şeyden önce işletmelerin ekonomik yapılarına uygun ve etkin bir parçalama yapacak parçalama, öğütme makinalarına ihtiyaç vardır. Bağ budama artıklarının mekanik olarak parçalanarak küçük boyutlara getirilmesi, artıkların topraktaki çözülme hızını artırmasının yanı sıra, artıkların organik gübre olarak toprağa kazandırılması, toprak ıslahı ve muhafazası açısından da önemli yararlar sağlamaktadır. Ayrıca, bu makinaların kullanımıyla zaman, enerji ve iş gücü tüketimi azalmaktadır. Her şeyden önce etkin bir fayda sağlamak için budanan uzun dalların istenilen boyuta getirilmesinde ve homojen bir şekilde toprak yüzeyinde dağıtılmasını kolaylaştıracak dal öğütme makinalarının bıçak tipi, bıçakların çevre hızı, bıçaklara hareket veren motorun güç boyutu ve maliyeti işletmecilik açısından bilinmesi gerekli olan önemli parametrelerdir. Nitekim Çanakçı vd. (2019), budama artıklarının çeşitli şekilde değerlendirilmesinde ve geri dönüşümünün sağlanmasında, parçalama ve öğütme süreçlerinin kritik olduğunu ve bitkisel artıkların öğütülmesinde kullanılan bu makinalar için kıyıcı bıçakların doğru seçilmesinin, istenilen boyutlarda parçacıkların elde edilmesinde ve üretim maliyetlerinin azaltılmasına olumlu katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. Özellikle, bağcılığın ve şarapcılığın geliştiği İtalya ve Fransa gibi ülkelerde bağlarda çeşitli dönemlerde yapılan budama işlemlerinden sonra oluşan sürgünlerin parçalanıp toprakta yayışlı hale getirilmesinde büyük alanlarda traktörle çalışan makinalar kullanılırken, daha küçük bağlarda ise durağan çalışan ya da insan tarafından hareket ettirilen motorlu, tekerlekli dal öğütme makinaları kullanılmaktadır. Benzer bir çalışma Yiğit (2023) tarafından ülkemizde yürütülmüştür. Yiğit (2023), budama artıklarının istenilen parçacık boyutlarında ve şekillerde ekonomik olarak parçalanmasını sağlayacak makinalarda motor gücünün önemini vurgulamıştır. Genellikle bitkisel artıkların parçalanmasına yönelik yapılan çalışmalar, bağ üreticileri için makinanın ekonomik edinimi, artıkları istenilen boyutta parçalanmasını düşük enerji tüketimiyle sağlayacak kıyıcı bıçak tipinin ve bıçaklara hareket veren motor gücünün doğru bir şekilde belirlenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Benzer çalışmalar Spinelli vd. (2012a; 2012b) tarafından yürütülmüş olup, araştırmacılar çalışmalarında bağ

alanlarında işleri kolaylaştırmak için budama artıklarının parçalanmasının mekanik olarak yapılmasının bir zorunluluk olduğunu ifade etmişlerdir. Adamchuk vd. (2016), bağ artıkları ve çeşitli meyve ağacı budama artıklarını değerlendirmek amacıyla için bir dal öğütme makinasını tasarlamış, imal etmiş ve arazi koşullarında çeşitli parametrelere bağlı olarak performansını denemişlerdir. Araştırmacılar tarafından farklı çalışma koşullarında denemeleri yapılan bu makinanın enerji ve işgücü tüketimini azalttığı ve sağladığı bu avantajların yanı sıra artıkların değerlendirilmesiyle toprak için kimyasal gübre ihtiyacının azaltılmasına da katkı sağladığı ve yenilikçi olan bu teknolojilerin gelecekte bağ/bahçe faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılabilmesi ifade edilmiştir. Yine, Sessiz ve Öngören (2022), Öngören ve Sessiz (2023), farklı üzüm çeşitlerinin budama artıklarının parçalanmasına ve değerlendirilmesine yönelik olarak özel bir imalatçıya ait bir makina üzerinde çalışmanın amaçlarına uygun olarak değişiklikler yapılarak çeşitli denemeler yürütmüşlerdir. Çalışmalarında kıyıcı bıçak devir sayılarının motor güç tüketimi, yakıt tüketimi ve dalların parçalama oranına olan etkisini araştırmışlardır. Bıçak devir sayısının artışı, güç ve yakıt tüketimini artırırken, dalların parçacık boyutlarının da küçüldüğünü ifade etmişlerdir. Çanakçı vd. (2019) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada öğütmenin, budama artıklarının farklı şekillerde geri dönüştürülmesinde kritik bir işlem olduğunu ve bu amaçla kullanılan makinalarda doğru bıçakların seçilmesinin, uygun parçacık elde edilmesine ve işletme maliyetlerinin düşürülmesine olumlu katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Şeflek vd. (2006), Dereli (2009), Aygün ve Çakır (2014), Çanakçı vd. (2018) tarafından da benzer çalışmalar yürütülmüştür.

Bu çalışmada, Diyarbakır ilinde bağcılık yapan üreticilerin bağ budama artıklarının parçalanarak değerlendirilmesi ve geri dönüşümünün sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla parçalamada kullanılacak olan bir makinanın optimum gücünün ve yakıt tüketiminin belirlenmesi amacıyla üç farklı üzüm çeşidinin budama artıklarıyla çeşitli denemeler yapılmıştır. Çalışmada; bir disk üzerine monte edilmiş 2'li, 3'lü ve 4'lü parçalayıcı bıçağa sahip ünite kullanılarak 1500 d/dk, 2000 d/dk ve 2500 d/dk devir sayılarında parçalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, sabit besleme miktarında bıçak sayısının ve bıçak devir sayısının yakıt tüketimine olan etkileri ölçülmüştür. Yakıt tüketim değerlerinden de güç değerleri hesaplanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Parçalama deneyleri için Boğazkere, Öküzgözü ve Şire olmak üzere 3 farklı üzüm çeşidinin bağ budama artıkları kullanılmıştır. Parçalama deneyler için Şekil 1a'da görülen 15 BG'lü (11.2 kW) akülü ve benzinli motora sahip olan bir dal parçalama makinası kullanılmıştır. Kıyıcı ünite, sanayide özel olarak ısıl işlem görmüş çelik malzemeden imalatı yaptırılan Şekil 1b, 1c ve 1d'de görülen uzunlukları 180 mm, genişlikleri 40 mm, kalınlığı 10 mm ve bıçak ağız genişliği 15 mm olan 2'li, 3'lü ve 4'lü bıçak üniteleri ile kıyılan parçacıkları dışarıya atılması sağlayan, fan görevini gören kanatlar kullanılmıştır (Şekil 1e).

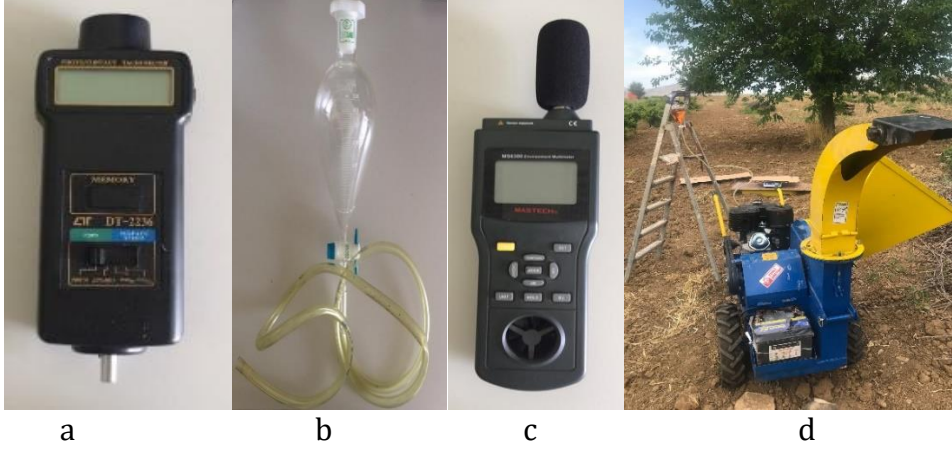


Şekil 1. (a) Dal parçalama makinası (b) 2'li dal parçalama bıçağı, (c) 3'lü dal parçalama bıçağı, (d) 4'lü dal parçalama bıçağı (e) Diskin arka yüzeyine yerleştiren üfleyici kanatlar

Denemeler 1500 d/dk, 2000 d/dk ve 2500 d/dk motor ve bıçak devirlerinde ve sayıları 2, 3 ve 4 olan ve şekillerde görüldüğü gibi disk üzerine monte edilmiş olan parçalayıcı bıçaklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Denemelerde devir sayısı ve bıçak sayısına bağlı olarak yakıt tüketimi ölçülmüştür.

(Şekil 2d). Her değişken için ayrı ayrı ölçülen yakıt tüketimi ($l h^{-1}$) değerlerinden, eşitlik 2.1 kullanılarak güç (kW) gereksinimi hesaplanmıştır (Öngören, 2021; Sessiz ve Öngören, 2022).

Bıçak diskinin bağlı olduğu milin devir sayılarının ölçülmesinde DT-2236 marka devir takometresi kullanılmıştır (Şekil 2a). Yakıt tüketim miktarının ($l h^{-1}$) belirlenmesinde Şekil 2b'de görülen 500 mililitrelik (ml) cam malzemeden imal edilmiş dereceli ayırma hunisi kullanılmıştır. Denemeler sırasında yakıt ölçümü için makina üzerindeki benzinli motorun yakıt deposu devre dışı bırakılarak yakıtın doğrudan motora girişi sağlanmıştır. Her deneme sonrasında dereceli kapta azalan yakıt miktarı (ml) için kaba yakıt ilave edilerek tamamlanmıştır. Ölçümler azalan miktar üzerinden yapılmıştır. Denemeler sabit besleme miktarlarında ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 2. (a) Devir takometresi, (b) Dereceli ayırma hunisi, (c) Gürültü ölçüm cihazı

Denemeler öncesi 15 kilogram (kg) kapasiteli şarj edilebilir Dikomsan terazi ile tartımı yapılan materyal, mümkün olduğunca aynı sürede makinaya yedirilmeye çalışılmıştır. Her deneme için materyal (beslenme) miktarı ($kg h^{-1}$) homojen olacak şekilde ve zaman tutularak makinaya yedirilmiştir.

Materyal nem içeriklerinin belirlenmesi için ayrıca 0.01 g hassasiyetli VİBRA marka elektronik terazi kullanılmıştır. Denemeler esnasında budama artıklarının nem miktarının belirlenmesinde ASABE (2006) standartlarına göre fırında kurutma yöntemine göre yapılmış olup, kurutma için NÜVE FN 500 marka ETÜV'den yararlanılmıştır. Sürgün çaplarının belirlenmesinde dijital kumpas kullanılmıştır. Nem içerikleri Boğazkere, Öküzgözü ve Mazurmi (Şire) çeşitleri için sırasıyla %6.0, %8.0 ve %6.8 olarak ölçülmüştür. Denemeler esnasında materyalin kıyılmadan önce her bir çeşit için ortalama çap değerlerini belirlemek amacıyla her çeşit için budanan dallardan 30 adet alınarak dalların alt, orta ve üst kısımları kumpasla ölçülmüş ve ortalama çap değerleri belirlenmiştir. Dalların alt, orta ve üst kısım için ortalama çap değerleri Boğazkere çeşidi için sırasıyla 7.72 mm, 5.83 mm ve 4.08 mm; Öküzgözü çeşidi için sırasıyla 7.07 mm, 5.86 mm ve 3.47 mm; Mazurmi (Şire) çeşidi için de 6.41 mm, 5.02 mm ve 3.56 mm olarak ölçülmüştür.

Motorun 1 kW'lık güç elde etmek için bir saatte tükettiği yakıtın kilogram biriminden değeri olan özgül yakıt tüketimi için aşağıda verilen eşitlik 2.1 kullanılarak hesaplanmıştır (Dinçer, 1981; Sabancı, 1993; Goering ve Hansen 2004; Srivastava vd., 2006; Saral vd., 2008; Sessiz vd., 2020).

$$b_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta} \quad (2.1)$$

Burada;

- b_e : Özgül yakıt tüketimi ($0.276 kg kWh^{-1}$)
- H_u : Yakıtın alt ısı değeri ($43.472 kJ kg^{-1}$)
- η : Motorun toplam verimi (%30) ($0.3 sbt$)

Seçilen çalışma parametrelerine bağlı olarak ölçülen ortalama yakıt tüketimi değerleri hem l h⁻¹ hem de kg h⁻¹ olarak verilmiştir. Yakıt tüketim değerinin özgül yakıt tüketimi (kg kWh⁻¹) değerine oranlanmasıyla güç tüketimi (kW) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar için aşağıda verilen eşitlik 2.2 kullanılmıştır (Dinçer, 1981; Goering ve Hansen, 2004; Öngören ve Sessiz, 2023). Süreye bağlı olarak yakıt tüketimi değerleri (l h⁻¹) olarak ölçülmüş, kg h⁻¹ birimine dönüştürülmüştür. Ölçümler tam yükleme durumu için yapılmıştır. Hesaplamalarda yoğunluk değeri 0.7475 olarak alınarak kg h⁻¹'e dönüştürülmüştür (Dinçer, 1981; Sabancı, 1993; Goering ve Hansen 2004; Srivastava vd., 2006; Saral vd., 2008; Sessiz vd., 2020).

$$P_e = \frac{B}{b_e} \quad (2.2)$$

Burada;

P_e : Parçalayıcı bıçak tarafından çekilen güç (kW)

B : Motorun saatlik yakıt tüketimi (kg h⁻¹)

b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg kWh⁻¹)

Denemelerin istatistik analizleri ve karşılaştırmalar için JMP 13 paket programı kullanılmıştır. Karşılaştırmalar %5 önem derecesine göre LSD testi kullanılarak yapılmıştır.

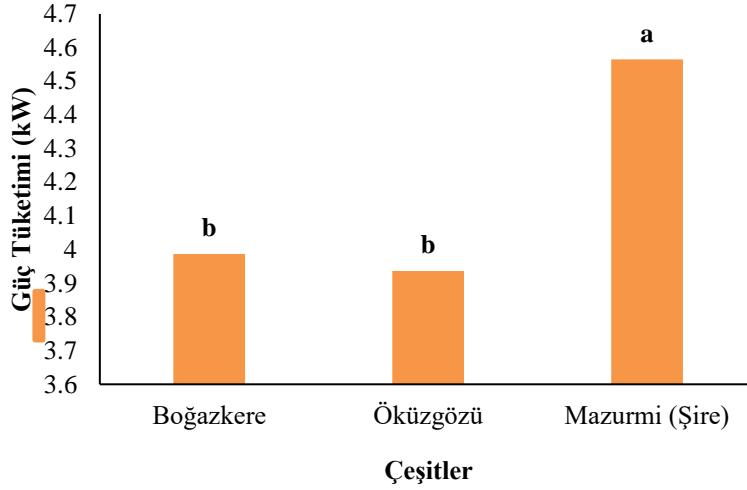
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çeşit, kıyıcı bıçak devir sayısı ve bıçak sayılarına bağlı olarak tüketilen yakıt miktarlarından hesaplanan güç tüketimlerine ilişkin ortalama değerler aşağıdaki çizelge ve şekillerde verilmiştir. Çizelge 1 ve Şekil 3'ten görüleceği gibi güç tüketim değerleri bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmuştur (p<0.01). En yüksek güç tüketimi değeri, yakıt tüketiminin de en yüksek olduğu Mazurmi (şire) üzüm çeşidi denemelerinde 4.565 kW olarak elde edilmiştir. Ancak Boğazkere ve Öküzgözü üzüm çeşitleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamıştır. Bu çeşitlerde güç tüketimi sırasıyla Boğazkere çeşidinde 3.987 kW olarak elde edilirken, Öküzgözü çeşidinde 3.938 kW olarak ölçülmüştür. Bu iki çeşidin dallarının kesme ve parçalanma direncinin Mazurmi (Şire) çeşidine göre daha düşük olduğundan kaynaklanmış olabilir. Nitekim bu iki çeşit için yakıt tüketim değerleri de Çizelge 1'den de görüleceği gibi Mazurmi (Şire) çeşidine göre daha düşük olmuştur. Benzer sonuçlar Öngören ve Sessiz (2023) tarafından sırasıyla 4.5 kW ve 5.5 kW olarak bulunmuştur. Araştırmacılara göre çeşitlerin lif yapılarının farklı olması nedeniyle dal çapları aynı bile olsa kesme kuvveti, kesme gerilmesi ve kesme enerjisi bakımından çeşitler arasında önemli farklılıklar olabilmektedir.

Çizelge 1. Çeşitlere bağlı olarak hesaplanan yakıt ve ortalama güç tüketimi değerleri

Çeşit	Yakıt Tüketimi (l h ⁻¹)	Yakıt Tüketimi (kg h ⁻¹)	Güç Tüketimi (kW)
Boğazkere	1.075 b*	1.439 b	3.987 b
Öküzgözü	1.088 b	1.454 b	3.938 b
Mazurmi (Şire)	1.260 a	1.685 a	4.565 a

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasında %1 önem seviyesinde fark yoktur



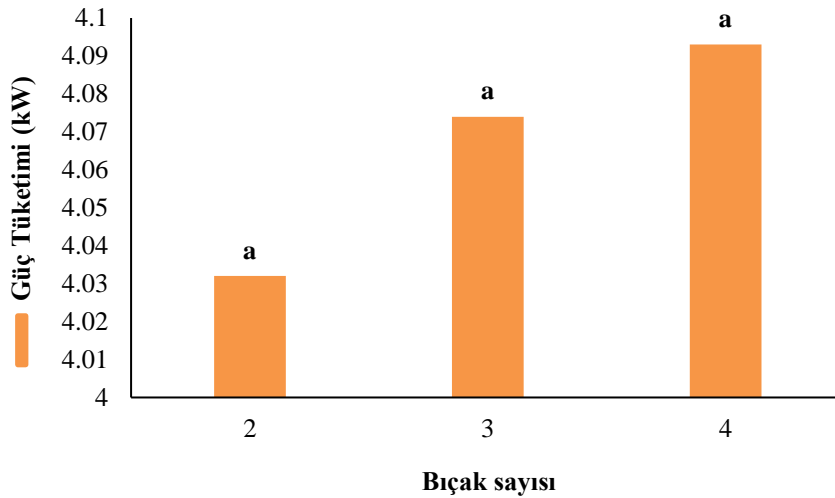
Şekil 3. Çeşitlere bağlı olarak hesaplanan ortalama güç tüketimi değerleri

Kıyıcı bıçak sayısının güç tüketimine etkisi Çizelge 2 ve Şekil 4'te verilmiştir. Çizelge 2 ve Şekil 4'ten görüleceği gibi güç tüketimi değerleri bakımından bıçak sayıları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Yani, kıyıcı bıçak sayısının güç tüketimine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Ancak, rakamsal olarak bıçak sayısının artışı güç gereksinimini artırmıştır. En yüksek güç tüketimi değeri, 4'lü bıçak ünitesinin kullanıldığı denemelerinde 4.093 kW olarak hesaplanmıştır. Nitekim yakıt tüketim değerlerinde de bıçak sayıları arasında bir farklılık oluşmamıştır.

Çizelge 2. Kıyıcı bıçak sayısına bağlı olarak hesaplanan ortalama güç tüketimi değerleri

Kıyıcı Bıçak Sayısı (Adet)	Yakıt Tüketimi (l h ⁻¹)	Yakıt Tüketimi (kg h ⁻¹)	Güç Tüketimi (kW)
2	1.113 a*	1.489 a	4.032 a
3	1.179 a	1.578 a	4.074 a
4	1.129 a	1.511 a	4.093 a

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasında %1 önem seviyesinde fark yoktur



Şekil 4. Kıyıcı bıçak sayısına bağlı olarak hesaplanan ortalama güç tüketimi değerleri

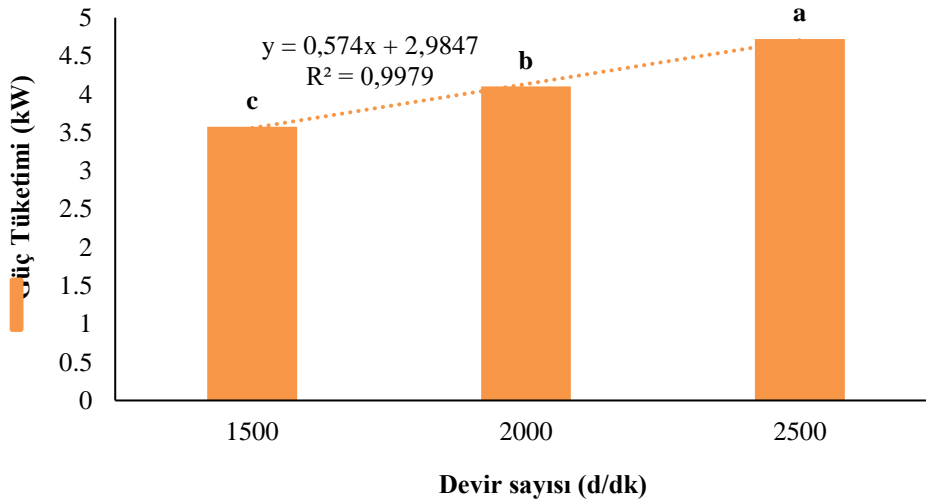
Devir sayılarına bağlı olarak hesaplanan güç tüketim değerleri toplu olarak Çizelge 3 ve Şekil 5'te verilmiştir. Çizelge 4 ve Şekil 5'ten görüleceği gibi devirler arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli

bulunmuştur ($p < 0.001$). Kıyııcı bıçak devir sayılarının artışı güç tüketimini etkilemiş ve doğrusal olarak artırmıştır. En yüksek güç tüketimi değeri 2500 d/dk'lık kıyııcı bıçak devir sayısında 4.722 kW olarak elde edilirken, 2000 d/dk'da 4.102 kW ve 1500 d/dk'da ise 3.574 kW olarak bulunmuştur. Nitekim benzer durum yakıt tüketim değerleri için de elde edilmiştir.

Çizelge 3. Kıyııcı bıçak devir sayısına bağlı olarak hesaplanan ortalama güç tüketimi değerleri

Devir sayısı (d/dk)	Yakıt Tüketimi (l h ⁻¹)	Yakıt Tüketimi (kg h ⁻¹)	Güç Tüketimi (kW)
1500	0.987 c*	1.320 c	3.574 c
2000	1.132 b	1.515 b	4.102 b
2500	1.303 a	1.743 a	4.722 a

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %1 önem seviyesinde fark yoktur



Şekil 5. Kıyııcı bıçak devir sayısına bağlı olarak hesaplanan ortalama güç tüketimi değerleri

4. SONUÇ

Bu çalışma kullanılan bitki materyali, Diyarbakır ilinin Dicle ilçesinde farklı üzüm çeşitlerinin bir arada yetiştirildiği bir bağ alanındaki budanmış sürgünlerden elde edilmiştir. Parçalama deneyleri benzinli, akülü ve 15 HP motor gücüne sahip bir makinayla yapılmıştır. Denemelerde, farklı sayıdaki bıçaklara sahip parçalama üniteleri kullanılmıştır. Denemelerde bıçak sayısı ve bıçakların devir sayısına bağlı olarak yakıt tüketimleri ölçülmüştür. Yakıt tüketim miktarının (l h⁻¹) belirlenmesinde dereceli cam ayırma hunisi kullanılmıştır. Denemeler sırasında yakıt ölçümü için makina üzerindeki benzinli motorun yakıt deposu devre dışı bırakılarak yakıtın doğrudan motora girişi sağlanmıştır. Ölçülen yakıt tüketim değerlerinden güç tüketimi hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına göre bıçak sayısının ve bıçakların devir sayılarının yakıt tüketimine ve dolayısıyla güç tüketimine etkisi önemli bulunmuştur. Bıçak devir sayısı arttıkça yakıt güç tüketimi doğrusal olarak artmıştır. En yüksek güç tüketimi değeri, Mazurmi (Şire) üzüm çeşidinde 4.565 kW olarak elde edilirken, Boğazkere çeşidinde 3.987 kW, Öküzgözü çeşidinde 3.938 kW olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla deneme için kullanılan makinanın ve bıçakların bağ budama artıklarının parçalanması için yeterli boyutta olduğu ve parçalayıcı bıçak ünitesi için 3'lü ve 4'lü bıçakların rahatlıkla kullanılabilmesi görülmüştür. Bununla birlikte güç gereksinimi daha fazla olan 4'lü bıçak sisteminde parçalama etkinliği daha iyi olması bakımından bağ budama artıkları için 4'lü ünitenin kullanılması artıkların toprakta daha kolay karışması bakımından tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- Adamchuk, V., Bulgakov, V., Skorikov, N., Yezekyan, T. ve Olt, J. (2016). Developing a new design of wood chopper for grape vine and fruit tree pruning and the results of field testing. *Agronomy Research*, 14(5):1519-1529.
- ASABE Standarts (2006). S358. 2:1:1. Measurement Forages. 52nd edn. *American Society of Agricultural Engineers, St Joseph MI*
- Aygün, I. ve Çakır, E. (2014). Development and determination of the field performance of stalk choppers equipped with different blade configurations. *Bulgarian Journal of Agriculture*, 20:1273-1276.
- Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ünal, İ., Çakır, M., Yiğit, M. ve Özdemir, E. (2018). Kendi yürür bir budama artığı parçalama makinası işletme giderlerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2):127-134. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/622610>
- Çanakçı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Ağsaran, B., Kabaş, Ö. ve Yiğit, M. (2019). The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(5):1052-1059. Retrieved from <https://www.agrojournal.org/>
- Dereli, İ. (2009). *Bağ çubuklarını parçalama makinalarında kullanılan farklı bıçak tiplerinin parçalama performansına etkileri* (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Goering, C.E. ve Hansen, A.C. (2004). *Power efficiencies and measurement*. In *Engine & Tractor Power, 4th Edition* (pp. 75-110). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Öngören, N. (2021). *Bağ budama atıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın modifikasyonu ve performansının değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Öngören, N. ve Sessiz, A. (2023). Determination of fuel and power requirement of a branch shredder for different vineyard pruning wastes. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7(4):847-852. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.4.15>
- Sabancı, A. 1993. *Termik Motorlar*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 45, Ders Kitapları Yayın No: 8, 220 s. Adana.
- Saral, A., Onurbaş A.A. ve Eliçin, A.K. 2008. *Termik Motorlar Uygulama Örnekleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1564, Ders Kitabı No: 517, 111 s. Ankara.
- Sessiz, A. ve Öngören, N. 2022. Bir dal öğütme makinası için dal parçalama kapasite ile kesme özellikleri arasındaki ilişkisinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3):786-793. <https://doi.org/10.3910/turkjans.1056276>.
- Sessiz, A., Elçin, A.K., Turgut, M.M. ve Pekitkan, F.G. 2020. *Tarım Makinaları Esasları*. Nobel Yayınları, Yayın No: 3056, 224 s. Ankara.
- Spinelli, R., Cavallo, E., Facello, A., Magagnotti, N., Nati, C. ve Paletto, G. (2012a). Performance and energy efficiency of alternative comminution principles: Chipping versus grinding. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(4):393-400. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.644577>
- Spinelli, R., Nati, C., Pari, L., Mescalchin, E. ve Magagnotti, N. (2012b). Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy*, 89(1):374-379. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.049>.
- Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrback, R.P. ve Buckmaster, D.R. (2006). *Engineering principles of agricultural machines, second edition*. American Society of Agricultural and Biological engineers. <https://doi.org/10.13031/epam.2013>

Şeflek, A.Y., Çarman, K. ve Özbek, O. (2006). Budama atıklarının parçalanmasında kullanılan makinenin performans değerlerinin irdelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3):219-224.

Yiğit, M. (2023). *Bir budama artığı parçalama makinasının farklı çalışma koşullarında işletme parametrelerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

This study was tested under field conditions by modifying the chopper blade unit of a machine designed to mechanically shred vineyard pruning residues in modern and traditional vineyard areas in Dicle district of Diyarbakır province. Shredding was carried out with pruning residues taken from the vines of three different grape varieties (Boğazkere, Öküzgözü and Mazurmi), with three different numbers of knives (double, triple and quadruple) and at three different speeds (1500 rpm, 2000 rpm and 2500 rpm).

Methodology

Pruning residues of Boğazkere (wine grape), Öküzgözü (wine grape) and Mazurmi (vineyard) grape (*Vitis vinifera* L.) varieties from the vineyards of a producer in the Dicle district of Diyarbakır province were used as plant material in the study. For the shredding experiments, a 15 HP (11.2 kW) hybrid, battery-powered gasoline engine was used. The chopper unit consists of double, triple and quadruple blade units (Length: 180 mm, width: 40 mm, thickness:10 mm, blade width: 15 mm) which are specially manufactured in the industry, and a fan mounted on the back surface of the disc. Wings that act as blowers were used. The study was carried out using double, triple and quadruple chopper blades on a machine produced for branch grinding, at three different chopper blade speeds (1500 rpm, 2000 rpm and 2500 rpm) and feeding amounts. The effects of the number of chopper blades, chopper blade speed and feeding amount on fuel consumption, power consumption and torque were determined for three grape varieties. Power consumption (kW) values were calculated by dividing the measured fuel consumption value to the specific fuel consumption (kg/kW h) value. Fuel consumption values were measured in (l h⁻¹) depending on the working duration. In the calculations, the density value was taken as 0.7475 and converted to kg h⁻¹.

Results and Conclusions

The following main results were achieved in the process. The findings regarding fuel consumption revealed that there were significant differences in terms of fuel consumption. While Mazurmi (Şire) variety has the highest fuel consumption values with 1.260 l h⁻¹ (1.685 kg h⁻¹), Boğazkere 1.075 l h⁻¹, (1.439 kg h⁻¹) and Öküzgözü 1.088 l h⁻¹, (1.454 kg h⁻¹) varieties. No statistically significant difference was found. These differences between varieties indicate that the Mazurmi variety has a higher shatter resistance than other varieties and that this variety may need more energy when breaking down pruning residues. The increase in the number of blades numerically increased the fuel consumption. This may be due to the additional weight caused by the increase in the number of blades placed on the disc and the air resistance created by the blades.

According to the results of the research, the highest power consumption was obtained in Mazurmi (Şire) variety with 4.565 kW, and there was no statistically significant difference between Boğazkere (3.987 kW) and Öküzgözü (3.938 kW) varieties. This shows that the shatter resistance of Boğazkere and Öküzgözü varieties is similar. In addition, the fact that fuel consumption values are lower than Mazurmi (Şire) varieties suggests that the fragmentation resistance of Boğazkere and Öküzgözü varieties is lower. On the other hand, when the power consumption depending on the number of chopper blade revolutions is examined, the difference between all revolutions is statistically significant ($p < 0.001$). Power consumption showed a linear increase as the number of revolutions increased. The highest power consumption value was measured as 4.722 kW at the chopper blade speed of 2500 rpm, 4.102 kW at the chopper blade speed of 2000 rpm and 3.574 kW at the chopper blade speed of 1500 rpm.

Yazarların Biyografisi

Abdullah SESSİZ



Prof. Dr. Abdullah Sessiz, 1989 yılında Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1993 yılında ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalında Yüksek Lisansı, 1998 yılında Trakya Üniversitesi FBE Tarım Makinaları Anabilim Dalında doktorasını tamamlamıştır. 1992-1999 yıllarında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. Abdullah Sessiz, 1999 tarihinden bu yana Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Toprak işleme sistemleri, biyoprosesler, biyolojik malzemeler, bitkisel üretim, hasat ve hasat sonrası, sistem yönetimi konuları üzerinde çalışmaktadır

İletişim asesi@dicle.edu.tr

ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0002-3883-0793>

İlyas DEMİREL



İlyas Demirel, 2010 yılında Sütçü İmam Üniversitesi (Kahramanmaraş)'ta Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 2023 yılında Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Abdullah SESSİZ danışmanlığında Yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2011 yılından bu yana Diyarbakır ili, Dicle İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü bünyesinde Ziraat Mühendisi olarak çalışmaktadır.

İletişim ilyas.demirel@tarimorman.gov.tr

ORCID Adresi <https://orcid.org/0009-0000-2861-3640>

Bitkisel Üretimdeki Kendi Yürür Pülverizatör ile Yapılan Uygulamaların Değerlendirilmesi: Anadolu Tarım İşletmesi Örneği*

Evaluation of Practices with Self-Propelled Sprayer in Crop Production: A Case Study of Anatolian Agricultural Farm

Gökhan Gürgen¹, Sakine Özpınar^{2*}

¹ Anadolu Tarım İşletmesi Müdürlüğü, Tarımsal Mekanizasyon Teknik Şefliği, Mahmuğiye, Eskişehir.

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): S. Özpınar, e-mail (e-posta): sozpınar@comu.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 24.06.2024
Düzeltilme tarihi : 02.08.2024
Kabul tarihi : 11.08.2024

Anahtar Kelimeler:

Tarla bitkileri
Bitki koruma makinaları
Bitki koruma uygulamaları
Yabancı otlar

Gürgen, G., Özpınar, S., (2024). "Bitkisel Üretimdeki Kendi Yürür Pülverizatör ile Yapılan Uygulamaların Değerlendirilmesi: Anadolu Tarım İşletmesi Örneği", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(2): 122-140.

ÖZET

Ülkemizde yer alan tarımsal devlet işletmeleri farklı coğrafi bölgelerde yer almaktadır. Bunlar buldukları coğrafi bölgelerin karakteristik özelliklerine göre farklı tarımsal üretim sistemleri gerçekleştirmektedirler. Bu üretim sistemleri bitkisel ve hayvansal alanda olup, bölgeler bazında potansiyel durumları değişmektedir. Bitkisel üretim sistemleri kuru ve sululu tarım olmak üzere bölgelerin yıllık yağış miktarına veya su varlığına göre değişiklik göstermektedir. Söz konusu işletmelerin buldukları bölgelerin su rezervuarlarını gölet, baraj veya sulamaya yönelik sistemlere dönüştürerek bitkisel üretimde kullanımları sonucunda ürün verimliliği üzerine önemli katkıları olmuştur. Diğer yandan gerek sulu ve gerek ise kuru koşullarda ürün verimliliği ve kalitesi üzerine bitki koruma gibi kültürel uygulamaların önemi de kaçınılmazdır. Ancak, bu tip uygulamalar amacına yönelik olarak yapıldığı zaman gereken başarıyı göstermektedir. İklim karakteristikleri, uygulamanın yapıldığı yıl içindeki zaman dilimi ve hatta gün içindeki uygulama zamanı ve koşulları ve ayrıca uygulama yöntemi bile önemli olabilmektedir. Bu amaçla ülkemizde özellikle bitkisel üretim bakımından önemli potansiyele sahip ve aynı zamanda hem kuru ve hem de sululu koşullarda tarım yapan İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Anadolu Tarım İşletmesi örnek alan olarak ele alınmıştır. Bu amaçla söz konusu işletmede uzun süreli yetiştirilen başlıca ürünler ve ürün rotasyonları dikkate alınarak bunların bitki korumaya yönelik başlıca uygulamaları incelenmiş ve başarı durumları ortaya konulmuştur. İncelemenin yapılması için işletmenin geriye dönük bitki korumaya yönelik 2018-2022 yılları arasındaki uygulamalarından yararlanılmıştır. Sulu ve kuruda başlıca yetiştirilen buğday, mısır, yonca gibi ürünlerin uygulamaları esas alınmıştır. Sonuçta ürüne bakılmaksızın başlıca mücadelesi yapılan yabancı otlar horoziböğü, sirken, gökbaşa, püsküllü çayır otu ve uzun süpürge otu olup, buğday sarı pası ve kökboğazı hastalıkları ile yonca hortumlu böceği, mısır tel kurdu ve buğday ekin kambur böceği zararlıları olmuştur. Her üç üründe de tüm zararlı etmenlere karşı kendi yürür bitki koruma makinasının kullanılmasıyla yapılan kimyasal mücadelenin yonca hortumlu böceği hariç (%65), %90 ve üzerinde biyolojik başarı sağladığı tespit edilmiştir.

*:Bu makalenin verileri Yüksek Lisans öğrencisi Gökhan Gürgen'in tezinden alınmıştır.

Article Info

Received date : 24.06.2024
Revised date : 02.08.2024
Accepted date : 11.08.2024

Keywords:

Field crops
Plant protection machinery
Plant protection practices
Weeds

Gürgen, G., Özpınar, S., (2024). "Bitkisel Üretimdeki Kendi Yürür Pülverizatör ile Yapılan Uygulamaların Değerlendirilmesi: Anadolu Tarım İşletmesi Örneği", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(2): 122-140.

ABSTRACT

Agricultural farms in our country are in different geographical regions. They carry out different agricultural production systems according to the characteristics of the geographical regions. The agricultural systems are in the field crops and animal production, and their potential varies depending on the region characteristics. Crop production systems vary depending on the annual rainfall or water availability of the regions, including dry and irrigated agriculture. These farms have made significant contributions to crop productivity because of their use in agricultural production by converting the water reservoirs of the regions where they are located into ponds, dams or irrigation systems. On the other hand, the importance of cultural applications such as plant protection on crop productivity and quality in both irrigated and dry conditions is inevitable. However, such as applications show the required success when they are carried out for their intended purpose. Climate characteristics, time of year and even application time and conditions during the day and spraying method are important. For this purpose, the Anatolian Farm located in the Central Anatolia Region, which has a significant potential especially in terms of crop production in the country and is engaged in both dry and irrigated agriculture. So, the main crops grown for a long-term in the farm and the rotations were considered and their main applications for plant protection were examined and their success rates were revealed. To conduct the study, the farm's data for plant protection between 2018 and 2022 was used. The study was addressed for crops such as wheat, silage maize and alfalfa, which are grown both in irrigated and dry areas. As a result, regardless of the crops, weeds that were targeted for eradication were redroot pigweed, lamb's quarters, cornflower, cheat grass and flixweed. Additionally, the following diseases were combated: wheat yellow rust and redroot pigweed. Regarding insects, the following were targeted for control: alfalfa weevil, corn wireworm and cereal leaf beetle. It has been established that the chemical control method, utilizing a self-propelled sprayer, was 90% or more successful in all three crops, with the exception of the clover thrips (65%).

*The data of this article was taken from the thesis of Master's student Gökhan Gürgen.

1.GİRİŞ

Tarımsal üretimde ürün verimini ve kalitesini etkileyen pek çok unsur vardır. Bunlar genellikle ürüne uygulanan kültürel işlemlerden ileri gelmektedir. Bu işlemlerin uygulama şekli ve yöntemi ürün verimini etkilediği gibi kalitesini de etkilemektedir. Ancak amacına uygun olarak uygulanmayan işlemler ürün verimini olumsuz etkilediği gibi önemli ürün kayıplarına da yol açmaktadır. Üründe kayıplara yol açan unsurların başında tarımsal savaş veya bitki korumaya yönelik kültürel uygulamalar yer almaktadır. Bu uygulamalar ürünün yetiştirme periyodu süresince etkili olabildiği gibi ve bu sürenin dışında kalan zaman dilimlerinde de yapılan diğer kültürel uygulamalar sırasında da etkili olabilmektedir. Dolayısıyla tarımsal savaşın önemi, üretimi sınırlayan unsurların meydana geldiği noktada yapılmasına bağlıdır. Bunu yaparken doğal dengenin gerektiği gibi gözetilmesi de önem taşımaktadır. Aksi takdirde yoğun bir tarımsal savaş uygulaması ekosistemde bulunan canlıların belirgin şekilde değişmesine neden olabilmektedir. Bunun sonucunda da bitkisel üretimi sınırlayan etmenlerin değişmesine, yabancı ot ve zararlıların bağışıklık kazanmasına yol açmaktadır. Diğer yandan tarımsal üretim yapılan alanlarda tarımsal savaş yöntemlerinin doğru seçilmemesi, bunun yansıya yanlış ve eksik bilgiyle yapılan uygulamalar zararlılarla savaşmada yeterli etkinlik sağlayamamaktadır (Yılmaz, 2015; Akar ve Tiryaki, 2018; Yılmaz, 2021). Ancak tarımsal üretim alanlarında kolay, ekonomik, uygulanabilir ve kısa sürede sonuç veren kimyasal savaşın tercih edilmesi, bitki koruma ürün kullanımının artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde yaklaşık yarım yüzyıl geriye gidildiğinde tüketilen bitki koruma ürün miktarlarının Avrupa kıtasındaki tüketimin %3.64'üne karşılık gelirken, bu oran zaman içinde artmış ve 2019'da %6.80'e yükselmiştir. 2022 yılına gelindiğinde ise bu miktar daha da artmış ve toplam bitki koruma ürünlerinin kullanım miktarı yaklaşık 55 bin tona çıkmıştır. Bitki koruma ürünlerinin kullanım amaçlarına göre incelendiğinde, dünyada olduğu gibi ülkemizde de en büyük grubu fungusitler oluşturmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde 2022 yılında toplam bitki koruma ürün kullanımının %35.1'ni fungusitler oluştururken, bunu sırasıyla %26.3 ile herbisitler, %22.0 ile insektisitler, %4.5 ile akarisitler, %0.5 ile rodentisitler ve %11.6 ile diğerleri izlemiştir. Dünyada genel olarak hububatlar için ürün kayıplarının %13.8'inin zararlılardan, %11.6'sının hastalıklardan ve %9.5'inin de yabancı otlardan ileri geldiği bildirilmektedir (Akan vd., 2006). Bitkisel üretimde tarımsal savaş kültürel, karantina, fiziksel, biyolojik, biyoteknik, kimyasal olmak üzere farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Ülkemizde üreticiler tarafından kimyasal savaş en çok tercih edilen yöntem olup, bu da bitki koruma ürünlerinin tüketimini artırmaktadır. Bu yöntemde genel olarak bitki koruma ürünleri hastalık ve zararlı cinsine göre tek başına ya da başka kimyasallarla birlikte kullanılabilir. Bütünleşmiş veya entegre kullanımda önemli olan, bitki koruma ürünlerinin içerisinde bulunan etken maddelerin birbirini engellemeyecek formülasyonlardan oluşması ve birlikte kullanıldığında zararlı etmeni en yüksek oranda baskılayabilmesidir. Ancak bitki koruma ürünlerinin ve uygulamada kullanılacak alet ve makinaların özelliklerinin bilinmesi ve uygulama dozunun ayarlanabilmesi önem taşımaktadır. Özellikleri bilinmeyen bitki koruma ürünleri ve bitki koruma makinalarının kullanımı, fazla veya eksik dozda bitki koruma ürün kullanımında üretimi yapılan bitkilerde yanıklık, ürünlerde kimyasal kalıntı, hastalık ve zararlılara karşı yeterince koruma sağlayamama ve bunun sonucunda beklenmeyen üretim ve istenmeyen verim kayıplarına neden olabilmektedir. Bu amaçla bitkisel üretimde kimyasal savaş etkinliğini incelemek için Anadolu Tarım İşletmesi'ndeki bitkisel üretim alanları esas alınmış ve bu işletmedeki tarımsal savaşa ilişkin uygulamaların yıllık uygulamaları incelenmiştir. Böylece geriye dönük beş yıllık periyodu kapsayacak şekilde uygulama verileri ele alınmış ve kullanılan bitki koruma

ürünlerinin uygulama durumları ortaya konulmuştur. Ayrıca, işletmede aktif olarak çalışan uzman elemanlar ve ziraat mühendisleri ile yüz-yüze görüşmeler yapılmış ve elde edilen bilgiler birleştirilerek değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bunun sonucunda bitkisel üretimin yürütüldüğü alanlarda kullanılan bitki koruma ürünlerinin ve bitki koruma makinalarının etkinlikleri farklı ürünler bazında değerlendirilmiştir.

2.MATERYAL VE METOD

Çalışma Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Eskişehir Anadolu Tarım İşletmesi'nde yürütülmüştür. Eskişehir ili Mahmutiye ilçesinde yer alan işletmedeki çalışma 2024 yılının başında devam etmiştir. Kuruluşu oldukça eski olan işletmenin faaliyetlerinin 19. yüzyılın başlarına kadar dayanmaktadır. Ancak tarih boyunca farklı isimler alan işletme, faaliyetlerini hep tarımsal üretim alanında sürdürmüştür. Bitkisel ve hayvansal üretim potansiyeli olan işletmenin 1930 yıllarında Çifteler Harası ve 1980'li yıllarında ise Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü çatısı altında bugünkü ismini almıştır.

Eskişehir ili, coğrafi şartları, yükselteleri, yeryüzü şekilleri, denize olan uzaklığı gibi nedenlerden dolayı karasal iklimin etkisindedir. Ancak ilin Ege ve Marmara bölgelerine olan yakınlığı nedeniyle bu bölgelerin daha ılıman iklim özelliğini de taşımaktadır. İlin genel olarak kışları parçalı bulutlu ve kar yağışlı, ilkbaharı orta derecede yağışlı ve yazı ise açık geçmektedir. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 10.9°C ve en soğuk dönem ocak ayı ve uzun yıllar ortalama sıcaklık 2° C'ye kadar düşmektedir (Tablo 1). Genel olarak en soğuk günler aralık ayı ortasından itibaren şubat ayının ortasına kadar devam etmekte ve bu soğuk günlere çoğunlukla don olayları eşlik ederek sıcaklık zaman zaman eksi 25°C'ye kadar düşmektedir. Son yıllarda ekstrem denilebilecek sıcak günlere rastlanıldığı olmuştur. Özellikle ocak ayı içinde 10 °C ile 15 °C olan ılık günlere rastlanması mümkündür. Buna karşın en sıcak günler Haziran-Ağustos ayları arasında yaşanmaktadır. Bu zaman dilimi içinde en düşük sıcaklık 10-15°C arasında iken, en yüksek sıcaklık ise 30-40°C'ye kadar yükselebilmektedir. Bu arada ilin karasal iklimi özelliğini gösteren en belirgin olay, gece-gündüz sıcaklık farkının olması ve genel olarak 15-17 °C arasında değişmektedir (Anonim, 2024).

Tablo 1. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarında alınan ortalama hava sıcaklık değerleri (Anonim, 2024)

Ay	2018 (°C)	2019 (°C)	2020 (°C)	2021 (°C)	2022 (°C)	2023 (°C)	2008-2023 (°C)
Ocak	0.8	0.4	-1.3	2.0	-1.5	1.3	-0.5
Şubat	5.1	2.7	2.8	2.3	1.5	0.4	3.0
Mart	9.0	5.8	6.7	3.2	-0.2	6.4	5.4
Nisan	13.0	8.9	9.8	10.4	11.7	9.2	10.8
Mayıs	16.2	15.7	14.9	16.4	15.0	15.0	15.2
Haziran	19.5	20.1	18.4	17.2	19.4	18.1	19.2
Temmuz	22.0	20.5	22.8	22.5	21.2	22.1	22.0
Ağustos	22.4	21.7	22.2	22.7	22.6	24.8	22.3
Eylül	17.7	16.8	20.6	16.0	17.7	18.5	18.0
Ekim	12.3	13.6	14.5	14.5	11.1	13.2	12.6
Kasım	6.5	7.4	3.8	6.9	7.2	9.1	5.9
Aralık	0.9	1.8	3.9	2.4	4.0	4.6	2.0
Tüm yıl	12.1	11.3	11.6	11.4	10.8	11.9	11.2
Üretim periyodu	12.5	11.1	11.7	11.2	10.7	11.7	11.3

İlin yağış durumu ise Tablo 2'de verilmiştir (Anonim, 2024). Aralık ayından itibaren yağışlar daha çok kar şekline dönüşürken, kışın ise kar ve yağmur halinde görülmektedir. Bu durum genel olarak nisan

ayına kadar devam etmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı yıllara göre 287-458 mm arasında olup, bitkisel üretim döneminde toplam yağışların yaklaşık üçte-ikisi ancak düşmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarında alınan toplam yağış miktarı (Anonim, 2024)

Ay	2018 (mm)	2019 (mm)	2020 (mm)	2021 (mm)	2022 (mm)	2023 (mm)	(2008-2023) (mm)
Ocak	78	51	34	47	29	8	42
Şubat	23	31	54	6	45	0,3	29
Mart	39	24	29	35	18	83	34
Nisan	13	37	12	23	10	61	22
Mayıs	109	27	45	7	25	43	43
Haziran	35	125	55	45	73	59	49
Temmuz	37	32	0	13	15	16	9
Ağustos	10	13	0	0	19	0,2	14
Eylül	2	3	4	28	5	0,5	10
Ekim	28	7	43	13	18	3	27
Kasım	33	18	0	60	9	49	19
Aralık	52	60	4	46	23	31	33
Toplam yıl	458	427	278	322	287	354	326
Üretim periyodu	388	410	315	213	346	303	308

İlin genelinde hâkim rüzgâr yönü kış mevsiminde doğudan batıya, bahar mevsiminde ise çoğunlukla kuzeybatı yönündedir. Bahar mevsiminin sonunda ise güneybatı, batı ve kuzeybatıdan gelen rüzgarlar görülebilmektedir. Yaz mevsiminde bazen geçici olarak günlük şiddetli doğu rüzgarları da etkisini gösterebilmektedir. Sonbahar mevsiminde ise özellikle eylül ayı sonundan itibaren doğu, kuzeydoğu ve güneydoğu rüzgarları ortaya çıkmaktadır. Yılın en kuvvetli rüzgârı ocak ayında güneydoğu yönünde olup, ortalama 22.60 m/s iken, yıllık ortalama rüzgâr hızı 2.48 m/s'dir (Anonim, 2024). Bağıl nem ortalama %63 olup, genel olarak bu değer altında saptandığı da bildirilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü tarımsal üretim alanında genel olarak II. sınıf tarım arazisi yer almakta ve toprak kumlu-tın yapısındadır (Anonim, 204). Kuru tarım alanında nadas uygulaması yapılmakta olup, 2018-2023 yılları arasında yapılan ekim nöbeti Tablo 3 ve 4'te verilmiştir. Çalışmada 2018-2022 yılları arasında ürün desenine bağlı kalınarak bitki koruma uygulamalarının tespiti yapılmış ve değerlendirmeleri ele alınmıştır. Toplam 44824 da arazi varlığına sahip olan işletmenin, 42199 da alanında tarımsal üretim yapılmaktadır. Tarımsal üretim alanlarında ağırlıklı olarak hububat ve yem bitkisi tohumculuğu yapılmakta olup, yılda yaklaşık 3 bin ton sertifikalı tohumluk hazırlanarak yöre üreticilerine ulaşımı sağlanmaktadır (Anonim, 2024). Ayrıca işletmede bitkisel üretimin yansira Damızlık Esmer inek, Safkan Arap atı, Anadolu Merinos koyunu ve Ankara Tiftik keçisi gibi hayvansal üretim de yapılmaktadır. Bu nedenle yoğun bir kaba yem ve silaj mısır üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla doğal meralar daha çok kaba yem ihtiyacı karşılamaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Buna ilaveten Tablo 3 ve 4'te görüldüğü üzere kaba yem için yonca ve silajlık mısır üretimi yanında tohum için sertifikalı buğday üretimi de devam etmektedir. Bu amaçla sulu tarımın yapıldığı alanlarda özellikle Center-Pivot (dairesel hareketli sulama sistemleri) parsellerinde çoğunlukla yonca ve silaj mısır üretimi yapılmaktadır. Bitkisel üretim alanlarında özellikle temiz ve arı sertifikalı buğday tohumunun elde edilmesi için her türlü zararlı etmene karşı (yabancı ot, zararlı, hastalık) gerekli kimyasal mücadelenin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca bitkisel üretimin yansira hayvansal üretim potansiyelinin yüksek olması ve bu amaçla yetiştirilen yonca ve silajlık mısırın daha lezzetli kılacak yabancı otlardan

arındırılması için de kimyasal uygulamaya ihtiyaç vardır. Bunun için işletmenin tarım alet ve makinaları parkında yer alan ve kullanımı daha yaygın olan Agrifac BV Condor marka kendi yürür bitki koruma makinasının (Tablo 5) kullanıldığı parsellerde gerekli incelemeler yapılmıştır.

Tablo 3. Çalışmaya ait alanda ekim nöbetinde yer alan başlıca ürünler (Merkez Bölge alanına ait)

PN	2018	2019	2020	2021	2022	2023	PN	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	40	MR	MR	MR	MR	MR	MR
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	41	MR	MR	MR	MR	MR	MR
3	M	Y	Y	Y	Y	Y	42	MR	MR	MR	MR	MR	MR
DS1	M	Y	Y	Y	Y	Y	43	MR	MR	MR	MR	MR	MR
DS2	F	T	B	Y	Y	Y	44	MR	MR	MR	MR	MR	MR
DS3	B	F	B	B	F	B	45	MR	MR	MR	MR	MR	MR
DS4	MR	MR	MR	MR	MR	MR	46	MR	MR	MR	MR	MR	MR
9	MR	MR	MR	MR	MR	MR	47	MR	MR	MR	MR	MR	MR
12	MR	MR	MR	MR	MR	MR	48	MR	MR	MR	MR	MR	MR
13	MR	MR	MR	MR	MR	MR	49	B	K	B	ÇO	ÇO	ÇO
15	MR	MR	MR	MR	MR	MR	50	B	K	B	M	M	ÇO
16	MR	MR	MR	MR	MR	MR	51	B	K	B	B	B	ÇO
17	MR	MR	MR	MR	MR	MR	52	YB	B	F	F	Y	Y
18	MR	MR	MR	MR	MR	MR	53	YB	B	F	F	Y	Y
19	Y	Y	Y	Y	Y	Y	54	T	İÇ	B	F	B	İÇ
20	MR	MR	MR	MR	MR	MR	55	T	İÇ	B	F	B	İÇ
21	Y	B	B	F	M	Y	56	T	İÇ	B	F	B	İÇ
25	B	M	B	F	M	Y	57	YB	B	F	F	M	ÇO
26	Y	Y	Y	B	YB	M	58	F	F	F	F	B	ÇO
27	Y	Y	B	B	YB	B	59	M	M	M	Y	Y	Y
28	Y	M	B	B	Y	Y	CP1	Y	M	B	M	M	B
29	Y	M	B	B	Y	Y	CP2	M	M	M	B	M	B
30	F	T	B	B	YB	B	CP3	M	M	M	B	M	B
31	Y	B	B	B	YB	B	CP4	M	M	M	B	M	B
32	Y	Y	Y	Y	B	B	CP5	M	M	M	Y	Y	Y
33	B	İÇ	B	B	Y	Y	CP6	M	M	M	M	B	M
34	MR	MR	MR	MR	MR	MR	CP7	T	M	M	Y	Y	Y
35	MR	MR	MR	MR	MR	MR	CP8	B	N	Y	Y	Y	Y
36	B	F	B	B	B	M	60	Y	B	B	B	B	Y
37	B	M	B	B	B	M	61	T	B	F	B	B	İÇ
38	MR	MR	MR	MR	MR	MR	62	Y	Y	B	B	B	M
39	MR	MR	MR	MR	MR	MR							

PN, parsel numarası; Y, yonca; B, buğday; F, fiğ; HF, hasıl fiğ; M, mısır; T, tritikale; ÇO, çayır otu; İÇ, italyan çimi; YB, yem bezelyesi; K, kiralık; MR, mera; NS, nadas, CP, Center Pivot (daireysel hareketli sulama sistemi); DS, damla sulama.

Bu amaçla 2018-2022 yılları arasındaki bitki koruma yapılan parsellerin tarla ve yem bitkilerine ait uygulamaları incelenmiş ve 121 adet parseldeki veriler esas alınmıştır. Bu esnada kullanılan bitki koruma ürünleri ve bunların etken maddeleri tespit edilmiştir. Bu etken maddeler ve uygulanan dozlarla hastalık ve zararlı düzeylerinin değişim oranı ortaya çıkarılmıştır. Böylece mevcut bitki koruma makinaları ile yapılan uygulamaların biyolojik başarı dereceleri ortaya belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın yürütülmesinde 2018-2022 yılları arasındaki ürün desenlerine bağlı kalınmıştır (Tablo 3, 4). Uygulama verileri dışında işletmenin ilgili bölümlerinde çalışan konu uzmanları ile (ziraat mühendisi ve ziraat teknik elemanlar) yüz-yüze görüşülerek yapılan bitki koruma uygulamaları hakkında gerekli bilgiler sağlanmıştır.

Tablo 4. Çalışmaya ait alanda ekim nöbetinde yer alan başlıca ürünler (Esenbel Bölge alanına ait)

PN	2018	2019	2020	2021	2022	2023	PN	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	B	B	NS	B	B	NS	29	NS	F	NS	B	B	HF
2	B	NS	B	B	B	NS	30	NS	F	NS	B	B	HF
3	B	NS	B	B	B	NS	31	F	NS	F	B	B	HF
4	NS	B	NS	B	HF	HF	32	NS	F	NS	F	B	B
5	B	F	B	NS	İÇ	İÇ	33	NS	B	NS	F	B	B
6	B	NS	F	B	B	B	36	NS	F	NS	F	B	B
7	B	NS	B	NS	B	B	CP1	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	B	NS	B	B	B	NS	CP2	Y	Y	Y	B	B	M
9	B	NS	B	B	B	NS	CP3	Y	Y	Y	M	M	B
10	MR	MR	MR	MR	MR	MR	CP4	B	M	B	M	M	B
11	B	NS	B	B	B	NS	CP5	M	M	B	M	M	Y
12	NS	B	NS	B	B	HF	CP6	Y	Y	B	M	M	B
13	B	NS	B	B	B	NS	CP7	M	B	B	B	B	HF
14	NS	B	NS	B	B	B	CP8	B	B	B	B	YB	B
15	NS	B	NS	B	B	B	CP9	M	B	B	B	B	HF
16	F	NS	B	NS	B	B	CP10	M	M	B	M	B	B
17	B	NS	F	B	B	HF	CP11	B	M	B	B	M	M
18	F	B	NS	B	B	NS	DS30	Y	Y	Y	B	B	B
19	F	NS	F	B	F	HF	DS32	Y	Y	Y	B	M	B
20	F	NS	F	B	F	HF	DS34	Y	Y	Y	B	B	B
21	F	NS	F	B	F	HF	35	Y	B	B	B	B	İÇ
22	F	NS	F	B	F	HF	DS36	Y	Y	Y	B	B	HF
23	F	NS	F	B	F	HF	37	Y	B	B	B	M	M
24	F	NS	F	B	F	HF	38	Y	Y	B	Y	Y	Y
25	F	NS	F	B	F	YB	39	Y	Y	B	Y	Y	Y
26	MR	MR	MR	MR	MR	MR	40	B	B	HF	Y	Y	Y
27	F	NS	F	B	F	HF	41	B	Y	Y	Y	Y	Y
28	MR	MR	MR	MR	MR	MR	42	B	NS	Y	Y	Y	Y

PN, parsel numarası; Y, yonca; B, buğday; F, fiğ; HF, hasıl fiğ; M, mısır; T, tritikale; ÇO, çayır otu; İÇ, İtalyan çimi; YB, yem bezelyesi; K, kiralık; MR, mera; NS, nadas, CP, Center Pivot, dairesel hareketli sulama sistemi; DS, damla sulama.

Tablo 5. Uygulamada kullanılan kendi yürür bitki koruma makinasına ait genel teknik özellikler (Agrifac BV Condor marka)

Teknik Özellik	Açıklama	Teknik Özellik	Açıklama
Uzunluk (m)	9.37	Güç (ISO 14396) (kW)	197
Genişlik (m)	3.0	Fren	Pnömatik kampanalı
Yükseklik (m)	3.7	Püskürtme depo kapasitesi (l)	4000
İş genişliği (m)	32.0	Temiz su depo kapasitesi (l)	450
Maksimum (yol) hızı (km/h)	50.0	El yıkama deposu kapasitesi (l)	10
En düşük çalışma hızı (km/h)	0-12.0	Depo ağzının çapı (cm)	40
En yüksek çalışma hızı (km/h)	25.0	Karıştırıcı tipi	Venturi
Şasi sistemi	Hava süspansiyonlu	Emme hortumu uzunluğu (m)	7
Dingil mesafesi (cm)	310	Püskürtme bum sistemi	Agrifac EcoFlowPlus
Tekerlek iz genişliği (cm)	150-225	J-tipi püskürtme bum	Standart
Dönüş halkası (cm)	640	Memeler arası mesafe (cm)	50
Karın altı yükseklik (cm)	120	Meme gövde tipi	4-başlıklı yelpaze huzmeli (ST110-04)
Tahrik türü	Hidrostatik 4 çekişli	İşletme basıncı (bar)	1-8
Motor (dizel)	Deutz TCD 2012 L06 2V	Püskürtme yükseklik aralığı (cm)	50-250
Motor silindir hacmi (cm ³)	6067	Püskürtme bum denge elemanı	Agrifac BalancePlus

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bitkisel üretimin yapıldığı parsellerde genel olarak yabancı ot kontrolü için mücadelenin daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda yetiştirilen ürünlere bakılmaksızın mücadelesi yapılan belli başlı yabancı otlar; horozibiği (*Amaranthus albus* L.), sirken otu (*Chenopodium album*), püsküllü çayır otu (*Bromus tectorum*), uzun süpürge otu (*Descurania sophia*), gökbaş (*Centaurea cyanus* L.) olmuştur. Bunun yanında hastalık ve zararlı olarak sarı pas (*Puccinia striiformis* f. Sp. Tritici), kökboğazi (*Rhizoctonia solani*), yonca hortumlu böceği (*Hypera variabilis*), tel kurdu (*Agriotes lineatus* L.) ve ekin kambur böceği (*Zabrus spp.*) gibi etmenlerin varlığı da belirlenmiştir. Tarımsal üretim alanlarında 2018-2022 yılları arasında görülen hastalık, zararlı ve yabancı otlar ve bunlarla savaşım yöntemleri incelendiğinde, yabancı ot varlığının daha önce bölgede çalışma yapan Yıldırım ve Ekim (2003) ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Parsellerden (Tablo 3, 4) toplanan örneklerin, Eskişehir il kapsamındaki alanlarla benzerlik içinde olduğu ve görülen yabancı ot türlerinden özellikle sirken otu ile püsküllü çayır otu Mahmutiye ilçesindeki alanlarda tespit edildiği ortaya konulmuştur. Ayrıca, en çok yabancı ot görülen parsellerin buğday üretimine ait olduğu saptanmıştır (Tablo 6). Bu sonuç daha önce Koyuncu vd. (2012) yapmış olduğu ve yakın bölgelerde yapılan diğer çalışmalarla da (Türe ve Böcük, 2000; Türe ve Köse, 2000) benzerlik içinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sırasında geriye dönük olarak 2018 yılından 2022 yılının sonuna kadar yapılan incelemede; tespit edilen yabancı ot ve zararlılar ve bunlara karşın kullanılan bitki koruma ürünlerinin etken maddeleri Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'da görüldüğü üzere kullanılan bitki koruma ürünlerinin sadece etken maddeleri üzerinden tespitler yapılmış ve bunların ticari isimleri belirtilmemiştir. Ayrıca çalışma alanında en çok üretimi yapılan buğday, mısır ve yonca bitkilerinin kültürel uygulamaları ele alınmış ve bunların durumları Tablo 7'de sunulmuştur.

Yonca (*Medicago sativa* L.) derin ve güçlü kök sistemine sahip çok yıllık bir yem bitkisidir (Davis, 1978). Derin kök sistemi sayesinde toprağın havalanmasını ve gevşemesini sağlamakta, erozyonun kontrol edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Yonca bitkisi tek başına ele alındığında, farklı etken maddeli bitki koruma ürünleri Tablo 5'te verilen makina kullanılarak uygulandığı görülmektedir (Tablo 6). 2018, 2019, 2021 yıllarında yonca hortumlu böceğine (*Hypera postica*) (Gyllenhal, 1813) (*Coleoptera: Curculionidae*) karşı Malathion (650 g/l) kullanılırken, 2019, 2021, 2022 yıllarında sirken ve uzun süpürge otuna karşın İmazamox (40 g/l) kullanılmıştır. Özmen (2019), değişik dönemlerdeki Malathion etkili kimyasal uygulamaların yonca hortumlu böceği ve afitlerde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Bu zararlı, sadece ülkemizde değil dünyada yonca tarımının yapıldığı her yerde ciddi zarar yapan bir zararlı olduğu bildirilmiştir (Gözüaçık, 2019). Çalışmanın yürütüldüğü alanlarda çalışan teknik elemanların bildirildiğine göre bu zararlıya karşı mücadele yapılmadığında birim alandaki ürün veriminde azalma olduğu ve bununla önemli ekonomik kayıplara yol açtığı ifade edilmiştir. Gözüaçık (2019) karasal iklim etkisinde olan Iğdır ilinde de aynı zararlı için benzer etkilerin oluştuğu ifade etmiştir. Araştırmacı hortumlu böceğin yılda bir döl verdiği, kışı hem ergin hem de yumurta halinde geçirdiğini belirtmiştir. Sonbahar ve ilkbahar aylarında olmak üzere iki kez yumurta bırakan zararlı, ilkbaharda ilk görülen larvaların sonbaharda bırakılan yumurtalara ait olduğu ve bunların yoncanın genç döneminde daha fazla zarar yaptığı belirtilmiştir. Bu nedenle yonca alanlarında sonbaharda biçme veya otlatma ile yeşil aksamın uzaklaştırılması larva popülasyonunu azaltacağına da vurgu yapmıştır (Gözüaçık, 2019). Diğer taraftan ilkbahar döneminde bırakılan yumurtalardan çıkan larva ve erginlerin ise mayıs sonu-haziran ayı başlarında yapılan yonca hasadıyla mekanik olarak zarar gördüğü

anlaşılmıştır. Böyle bir yaşam döngüsüne sahip olan bu zararlı popülasyonu zarar eşiğine vardığında, uygun kimyasallar kullanılarak (Tablo 6) gereken savaşım sağlanabilmektedir.

Tablo 6. Yeniştirilen ürünlerde tespit edilen yabancı ot, zararlı ve hastalıklara karşı uygulanan bitki koruma ürünlerinin etken maddeleri ve diğer özellikleri

Yıl	Zararlı/yabancı ot	Ürün	Etken madde	ZGPS*
2018	Yonca hortumlu böceği (<i>Hypera variabilis</i>)	Y	650 g/l Malathion (İ)	11
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	M	44 g/l Tembotrione (H)	12
	Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i> L.)		22 g/l Isoxadifen-ethyl	
	Uzun süpürge otu (<i>Descurania sophia</i>)	B	%7.08 Pyroxsulam	16
	Gökbaş (<i>Centaurea cyanus</i> L.)		1.42 Florasulam	
2019	Püsküllü çayır otu (<i>Bromus tectorum</i>)		%7.08 Cloq uintoc-mexyl	
	Kökboğazı (<i>Rhizoctonia solani</i>)	B	150 g/l Prochloraz	10
			42 g/l Epoxicanazole	
	Yonca hortumlu böceği (<i>Hypera variabilis</i>)	Y	650 g/l Malathion (İ)	14
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	Y	40 g/l İmazamox	14
2020	Uzun süpürge otu (<i>Descurania sophia</i>)	B	%7.08 Pyroxsulam+1.42 Florasulam	16
	Gökbaş (<i>Centaurea cyanus</i> L.)		%7.08 Cloq uintoc-mexyl	
	Sarı pas (<i>Puccinia striiformis</i> f. Sp. Tritici)	B	175 g/l Prothioconazole	12
			88 g/l Trifloxystrobin	
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	M	44 g/l Tembotrione	14
2021	Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i> L.)		22 g/l Isoxadifen-ethyl	
	Uzun süpürge otu (<i>Descurania sophia</i>) Gökbaş (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	B	%7.08 Pyroxsulam	34
			1,42 Florasulam	
			%7.08 Cloq uintoc-mexyl	
	Sarı pas (<i>Puccinia striiformis</i> f. Sp. Tritici)	B	175 g/l Prothioconazole	25
2022			88 g/l Trifloxystrobin	
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	M	44 g/l Tembotrione	6
	Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i> L.)		22 g/l Isoxadifen-ethyl	
	Yonca hortumlu böceği (<i>Hypera variabilis</i>)	Y	650 g/l Malathion (İ)	13
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	Y	40 g/l İmazamox	8
2023	Uzun süpürge otu (<i>Descurania sophia</i>)	B	%7.08 Pyroxsulam +1.42 Florasulam	34
	Gökbaş (<i>Centaurea cyanus</i> L.)		%7,08 Cloq uintoc-mexyl	
	Püsküllü çayır otu (<i>Bromus tectorum</i>)			
	Sarı pas (<i>Puccinia striiformis</i> f. Sp. Tritici)	B	175 g/l Prothioconazole	13
			88 g/l Trifloxystrobin	
2024	Kökboğazı (<i>Rhizoctonia solani</i>)	B	300 g/l Spiroxamine	8
			160 g/l Prothioconazole	
	Tel kurdu (<i>Agriotes lineatus</i> L.)	M	350 g/l Thiamethoxam (Tohum)	8
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>)	M	225 g/l İsoxaflutolet	7
	Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i> L.)		90 g/l Thienkarbazonemethyl	
2025			150 g/l Cprosfamide	
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>), Uzun süpürge otu (<i>Descurania sophia</i>)	Y	40 g/l İmazamox	11
	Gökbaş (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	B	%6.95 g/l Halauxifen-methyl	13
	Püsküllü çayır otu (<i>Bromus tectorum</i>)		%25 Pyroxsulam	
			%35.4 Cloquintocet	
2026	Sarı pas (<i>Puccinia striiformis</i> f. Sp. Tritici)	B	200 g/l Picoxystrobin+80 g/l Cyproconazole	5
	Ekin kambur böceği (<i>Zabrus spp.</i>)	B	50 g/l Lambda-cyhalothrin	11
	Sirken (<i>Chenopodium album</i>), Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i> L.)	M	225 g/l İsoxaflutolet	6
			90 g/l Thienkarbazonemethyl	
			150 g/l Cprosfamide	

*ZGPS, zararlının görüldüğü parsel sayısı. Y, yonca; B, buğday; M, mısır.

Yoncada en yoğun görülen yabancı otlardan sirken (*Chenopodium album*) ise 1.5 metreye kadar büyüme gösteren kazık köklü ve tek yıllık bir bitkidir. Tüm toprak koşullarına uyum sağlayabilen sirken, azotlu, organik maddece zengin, yumuşak ve kumlu toprakları daha çok tercih etmektedir. Toprakta önemli miktarda besin alarak yoncanın gelişimini sekteye uğratabilmektedir. Yonca bitkisinde görülen

zararıyla birlikte yulaf, mısır üretim alanlarında azot, fosfor ve potasyum kullanımını azaltması, buğday ve soya gibi bitkilerde çimlenmeyi, kök gelişimini engellemesi gibi yan etkileri vardır. Tohumla çoğalan bu yabancı ot bitki başına yaklaşık olarak 72 bin tohum üretme potansiyeli olup, kültür bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda kültürel ve kimyasal mücadeleyle sürekli baskılanması gerekmektedir (Uslu ve Kaya, 2021). Bir diğer yabancı ot olan uzun süpürge otu (*Descurania sophia*), yem bitkisi olarak kullanılan çok yıllık, yarı herdem yeşil, uzun ömürlü ve yarı çalimsı kazık köklü bir bitkidir. Anavatanı doğu Avrupa ve batı Asya olup, Akdeniz havzası kıyılarından Çin'e kadar yayılış göstermektedir (Çoruh ve Zengin, 2009). Çoruh ve Zengin (2009) Erzurum yöresinde yonca ekim alanlarında en çok sıklıkla rastlanan yabancı otların çayır salkım otu (*P. Pratensis*) (%32.59), kır kimyonu (*C. Carvi*) (%27.41), püsküllü çayır (*B. Tectorum*) (%26.67), uzun süpürge otu (*Descurainia sophia* (L.)), (%22.97), yabani tere (*Cardaria draba* (L.) Desv.) (%22.22) olduğu bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere yonca bitkisinde yaklaşık %23 ile önemli oranda bir varlığı sahip olan uzun süpürge otunun çalışmanın yürütüldüğü yonca üretim alanlarında benzer bir özelliği sahip olduğu görülmüştür (Tablo 6).

Mısır bitkisi ele alındığında, farklı etken maddeli bitki koruma ürünlerinin kullanıldığı görülmektedir (Tablo 6). Genellikle silajlık olarak yetiştirilen mısırın korunmasında 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında sirken ve horozibiği otuna karşı Tembotrione+Isoxadifen-ethyl (44 g/l+22 g/l) kullanılırken, 2020 yılında parsellerde tel kurdu görüldüğü için 2021 yılında tohumun korunması için uygulamada Thiamethoxam (350 g/l) kullanılmıştır (Çekmez ve Özpınar, 2014). Amaranthaceae familyasına bağlı bir cins olan horozibiği otu, tek yıllık ve çoğalması tohumla olup, çiçeklenme dönemi Haziran-Ağustos ayları arasına denk gelmektedir (Gönen, 1999).

Buğday bitkisi tek başına ele alındığında farklı etken maddeli bitki koruma ürünlerinin kullanıldığı görülmektedir (Tablo 6). Buğday parsellerinde 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında uzun süpürge otu, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında püsküllü çayır otu, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında ise gökbaş görülmüş olup, bu yabancı otların korunmasında Pyroxsulam+Florasulam+Cloq uintoc-mexyl (%7.08+1.42+%7.08) kullanılmıştır. Püsküllü çayır otu, püsküllü brom olarak da bilinen Poaceae familyasından olan bir türdür. Anavatanı Avrupa, Güneybatı Asya ve Kuzey Afrika olup, tek yıllık, kolay yayılan, yaşam alanları ise kuru, açık çayırılık ve kumlu alanlardır. Genellikle hububat, mısır ve ıspanak bitkilerinde yüksek verim kayıplarına neden olmaktadır. Gökbaş, Asteraceae familyasına ait bir cins olup üreticiler arasında peygamber çiçeği veya gelin düğmesi adıyla bilinen bir yabancı ot bitkisidir. Orta Anadolu Bölgesi'nde buğdayın en önemli yabancı ot zararlılarından olup, bölge koşullarında kasım ayından mart ayına kadar çıkış yapabilecek kadar büyük bir adaptasyon yeteneğine sahiptir. Sonbaharda çıkış yapan bitki kışı rozet döneminde geçirmekte ve çimlenme sıcaklığı 5-10 °C'de gerçekleşmektedir. Mart sonu ve Nisan başında 4-6 yapraklı döneme ulaşan bitki, buğdayın sapa kalkmasıyla hızlı bir gelişme periyoduna girerek buğdayla rekabete etmeye ve gövde oluşturmaya başlar. İlk çiçeklenme mayıs ortasında görülmekte ve haziran ayında en üst düzeye çıkmaktadır. Buğday hasat olgunluğuna geldiği dönemde gökbaş tohumları olgunlaşarak tarlaya dökülmekte, geç açan çiçeklerin tohumları ise hasatla birlikte buğday tohumluğuna karışmaktadır (Güzel, 2022).

Buğdayda fungal hastalıklardan sarı pas 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında, kökboğaz 2018 ve 2021 yıllarında görülmüş ve bu hastalıklardan sarı pasa karşı Prothioconazole+Trifloxystrobin (175+88 g/l), kökboğaza karşı Prochloraz+Epoxicanazole (150+42 g/l) kullanılmıştır (Tablo 6). Sarı pas en erken görülen pas türlerinden olup, ülkemizde buğdayın en önemli pas hastalıklarındandır. Buğdayın sap, başak ve yapraklarında görülse de asıl görüldüğü alan yapraklarıdır. Hastalığın oluşması için sıcaklığın 10-15°C'yi bulması yeterli olmaktadır. Hastalık etmeninin iki çeşit sporu bulunmakta olup, bunlardan

üredosporları (yazlık sporlar) yuvarlak veya oval, dikenli çepere sahip olmaktadır. Teliosporları (kışık spor) ise uzunca, kalın hücre çeperli ve düz olup, iki hücreli ve hücreler arası hafif boğumludur. Üredosporların çimlenip konukçuya giriş yapabilmesi için yağış veya yüksek nemin olduğu iklim koşulları yeterli olabilmektedir. Mevsim sonunda üredosporların yataklarından, aynı püstüllerde teliosporlar oluşmaktadır. Hastalık etmeni yazı canlı kalan yabancı buğdaygillerde, kışı ise sonbaharda ekilen buğday üzerinde üredospor halinde geçirmektedir. Yabancı ot mücadelesinin zamanında yapılması bu hastalık etmeninde tek başına yeterli olmamakta ve ekimin de sık yapılmamasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Tarlaya gereği kadar azotlu gübre uygulanıp bitki direnci sağlanmalı, paslara karşı dayanıklı buğday çeşitleri üretimde kullanılmalıdır. Kimyasal uygulamanın yeşil aksam şeklinde yapılması ve ilk uygulama ilk pas püstülleri görünmeye başladığında yapılmalı ve hasada bir ay kala uygulama bırakılmalıdır (Akan vd., 2006).

Buğdayın en önemli kök çürüklüğü hastalıklarından birisi olan kökboğazı, kök çürüklüğünün yanı sıra sap çürüklüğü ve cüceleşmeye de sebep olabilmektedir. Yoğun görüldüğü buğday alanlarında, buğday tohumunun çimlenme özelliğini sekteye uğratabilmekte (çökerten) veya yer yer boşluklar oluşturabilmektedir. Fungus toprakta bitki artıkları üzerinde iki yıldan fazla canlı kalabilmekte, aşırı nem ve sık ekim hastalık oluşumunu ve şiddetini artırmaktadır. Toprak işlemenin az veya hiç yapılmadığı tarlalarda hastalık çok şiddetli gelişebilmektedir. Toprak kökenli bir hastalık etmeni olup tohumla da taşınabilmektedir. O nedenle mutlaka kimyasal mücadele gerekmektedir (Tablo 6). Buğdayda zararlı olarak 2022 yılında sadece ekin kambur böceği görülmüş olup, mücadelesinde Lambda-cyhalothrin (50 g/l) kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu zararlı genellikle ekim nöbeti uygulanmayan buğday, arpa, yulaf, çavdar üretim alanlarında zarar yapmaktadır (Özpınar vd., 2013). Larvaları sonbaharda buğday çimlenme döneminde ve erginleri ise ilkbaharda buğday başaklanma döneminde başaklarda zarar yapmaktadır. Özpınar vd. (2013) bildirildiğine göre buğday üretim alanlarında bu zararlı ile mücadelede ekim nöbeti ve toprak işleme uygulamaları önem taşımaktadır. Bu zararlının yaşam döngüsü mayıs ayında erginlerin görülmesiyle başlar ve bunlar yazın sıcak günlerinde toprak içinde yazlama ve sonbaharda yağışların başlaması ile ise topraktan çıkmakta ve yumurtalarını toprağa bırakmaktadır. Yılda bir döl vermekte olan bu zararlının genç larvaları, sonbaharda uygun ortam bulduklarında buğday yapraklarını toprak içine çekerek beslenmektedirler. Olgun larvalar ise ilkbaharda yaprak ve sürgünleri yiyerek zarara yol açmaktadırlar. Erginler hasada yakın günlerde başak tanelerini, ekimde ise toprak altındaki taneleri kemirerek zarar vermektedirler.

Ayrıca işletmede yoğunluklu olarak her yıl üretimi yapılan buğday, mısır ve yonca bitkilerinde parsel bazlı yapılan tarımsal savaş uygulamalarının, işletmede toplam üretimi yapılan parseller içindeki durumları Tablo 7, 8, 9'da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde, her üç üründe de yabancı ot, zararlı ve hastalık etmenlerinin mevcut olduğu ve bunlara karşı mücadelenin yapıldığı görülmektedir. Tablo 6'da detaylı olarak verilen zararlı etmenlerin ürünler esas alındığında, en fazla uygulamanın yabancı ota karşı yapıldığı ve bunu sırasıyla zararlıların ve hastalıkların izlediği tespit edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı alanın yer aldığı Orta Anadolu Bölgesi'nde hâkim karasal iklim varlığı, gece gündüz sıcaklık farkının fazla oluşu ve bağıl nemin kısmen düşük olması hastalık etmenlerin oranını diğer tüm savaşım uygulamaları arasında düşürmüştür. Düşük düzeylerde seyreden bağıl nem aynı zamanda bitki örtüsü seviyesindeki nemin de düşürülmesinde etkili olması zararlıların barınma ve çoğalma döngülerinin kırılmasına ve düşürülmesine neden olduğu da söylenebilir. Ayrıca üretimin yapıldığı alanlarda genel olarak sürdürülebilir toprak işleme ve döngüsel ekim nöbeti gerek hastalık ve gerek ise zararlıların popülasyonunun düşürmede etkili olduğu da belirtilebilir.

Tablo 7. Çalışmanın yürütüldüğü alandaki ürünlerin zararlı etmenlere karşı mücadelesi yapılmış parsel sayısı

Yıl	İlaç grubu	Yonca		Buğday		Mısır				
		Mücadelesi yapılan parsel sayısı	Toplam parsel sayısı	Mücadelesi yapılan parsel sayısı	Toplam parsel sayısı	Mücadelesi yapılan parsel sayısı	Toplam parsel sayısı			
		(adet)	(%)	(adet)	(adet)	(%)	(adet)	(%)	(adet)	
2018	İ	11	44.00	25	0	00.00	22	0	00.00	0
	H	28	93.33	30	16	72.73	22	12	100.00	12
	F	10	40.00	25	10	45.45	22	0	00.00	0
2019	İ	14	70.00	20	0	00.00	16	0	00.00	16
	H	14	70.00	20	16	100.00	16	14	87.5	16
	F	0	00.00	20	12	75.00	16	0	00.00	16
2020	İ	0	00.00	17	0	00.00	39	0	00.00	6
	H	0	00.00	17	34	87.18	39	6	100.00	6
	F	0	00.00	17	25	64.10	39	0	00.00	6
2021	İ	13	76.47	17	0	00.00	50	8	100.00	8
	H	8	47.06	17	34	68.00	50	7	87.5	8
	F	0	00.00	17	21	42.00	50	0	00.00	8
2022	İ	0	00.00	21	11	26.83	41	0	00.00	15
	H	11	52.38	21	13	31.71	41	6	40.00	15
	F	0	00.00	21	5	12.20	41	0	00.00	15

İ, insektisit; H, herbisit; F, fungusit.

Yonca bitkisinin tüm üretim parselleri içinde tarımsal savaş uygulamaları yapılan parseller incelendiğinde; 2018 (%93.33), 2019 (%70.00), 2022 (%52.38) yıllarında kullanılan üç bitki koruma ürün grubu arasında herbisit kullanımının oransal olarak daha yüksek seviyede olduğu (Tablo 7) ve bu yıllarda sadece sirkene karşı uygulamanın yapıldığı saptanmıştır. Aynı üründe 2020 yılında toplam üretim parsel sayısı 17 olup, ancak hiçbirinde herhangi bir tarımsal savaşım yapılmadığı tespit edilmiştir. 2018 (%44.00), 2019 (%70.00) ve 2021 (%76.47) yılları incelendiğinde ise yonca korunmasında Tablo 6'da da görüldüğü üzere yonca hortumlu böceğine karşın insektisit kullanıldığı belirlenmiştir.

İşletmenin buğday üretim parselleri ele alındığında, incelenmiş beş üretim yılında da en yüksek oranda herbisit kullanıldığı saptanmıştır (Tablo 7). Buğday parsellerinde her üretim yılında genel olarak bulunan uzun süpürge otu, gökbaş, püsküllü çayır otu gibi yabancı otların herbisit kullanımını öne çıkarmıştır. Özellikle 2019 yılında tüm üretim yapılan parsellerin tamamında kimyasal uygulama yapıldığı ve bunu %87.18 ile 2020 yılı ve %72.73 ile 2018, %68.00 ile 2021 ve %31.71 ile 2022 yılları izlemiştir. Yabancı otlarla savaşımı takiben 2018 yılında kökboğazı hastalığı, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında ise sarı pas fungusit kullanımını artırmıştır. 2018 yılında toplam 22 adet buğday parselinin 10'ünde (%45.45) kökboğazı hastalığına karşın fungusit kullanıldığı belirlenmiştir (Tablo 7). Diğer kalan üretim yıllarında ise sarı pasa karşın fungusit kullanılan parsel sayısı oranları %12.20-75,00 arasında değişmiştir. Özellikle hastalık etmenlerin gelişmesinde bağıl nemin önemli rol olması ve Tablo 2'de görüldüğü üzere üretim periyodunda yağışın yüksek olduğu yıllarda sarı pasın artışında etkili olması buradaki sonuçları doğrular niteliktedir. Hastalıklarla savaşımı takiben ekin kambur böceği kontrolü için insektisit kullanım oranı izlemiştir. 2022 yılında bu zararlı varlığı (Tablo 6) toplam 41 adet olan parselin 11'inde (%26.83) insektisit kullanmayı gerektirmiştir (Tablo 7).

Mısır bitkisinde ise genel olarak herbisit kullanımı olduğu görülmektedir (Tablo 7). Tüm üretim yıllarında, sirken, horozibiğine karşı uygulama yapıldığı ve uygulama parsel oranlarının ise 2022 yılı hariç genel olarak %90 ve üzerinde olduğu belirlenmiştir. 2020 yılında ise tüm mısır parsellerinde tel kurduna karşı mücadelede yapıldığı saptanmıştır.

İşletmenin tümünde çalışmanın yürütüldüğü yıllarda üretimi yapılan yonca, buğday ve mısır bitkilerinin zararlı etmenlere karşı korumada en fazla yabancı otların oluşturduğu tespit edilmiştir (Tablo 7). Uygulanan mücadele yöntemleri ve kullanılan bitki koruma ürünlerinin belirtilen bitki koruma makinasıyla uygulanması sonucunda yonca, buğday ve mısır parsellerindeki özellikle yabancı ot mücadelesinde belirtilen etken maddeler ile sırasıyla %91.56, 91.96 ve 91.34 biyolojik başarı sağladığı saptanmıştır (Tablo 8). Bunun yanında başarıya etkili olan diğer unsurlar ise operatör ve uygulamanın zamanlı yapılması da olabilir. Özellikle yüksek teknik donanımına sahip teknik elemanların varlığı başarıyı artıran diğer unsurlar olarak belirtilebilir. Çalışma sırasında veri toplama ve gerekli olan bilgilerin elde edilmesi sırasında başvurulacak hedef alanlardan biri de teknik elemanlar olması ve bu elemanların teknik alt yapılarının güçlü varlığı bu durumu doğrular durumdadır.

Tablo 8. Çalışma alanındaki ürünlerin yabancı otlara karşı herbisit uygulanmış parsel sayısı ve başarı durumları

Yıl	Yonca			Buğday			Mısır		
	Mücadelesi yapılan alan	Başarı sağlanan alan	(%)	Mücadelesi yapılan alan	Başarı sağlanan alan	(%)	Mücadelesi yapılan alan	Başarı sağlanan alan	(%)
	(da)	(da)	(%)	(da)	(da)	(%)	(da)	(da)	(%)
2018	-	-	-	5600	5152	92.00	9902	9109	91.99
2019	3783	3442	90.99	10721	9808	91.48	3435	2988	86.99
2020	-	-	-	10899	10027	92.00	1875	1781	94.99
2021	2302	2118	92.01	6854	6305	91.99	2098	1919	91.47
2022	2551	2347	92.00	4136	3846	92.99	2142	1970	91.97
Top. (da)	8636	7907	91.56	38210	35138	91.96	19452	17767	91.34

Yonca hortumlu böceği önemli yonca zararlılarından olup, çalışmanın yürütüldüğü beş yılın üçünde zarar düzeyine ulaşacak popülasyon oluşturması nedeniyle tarımsal savaş uygulamasını önemli hale getirmiştir (Tablo 9). Söz konusu yıllarda yonca üretiminin yapıldığı ve bu zararıya karşı uygulamanın yapıldığı alanların başarı durumları yıllara göre Tablo 9'de verilmiştir. Konukçu yapısı itibariyle larva gelişimini bitkinin üzerinde sağladığı için, bitki üzerinde erginler görülmeden yapılan uygulamanın yılların ortalamasına göre başarı oranı yaklaşık %65'te olmuştur (Tablo 9). Bu sorunu hasat işleminin zamanı ile aştığını bildirilmiş ve bu nedenle yoncanın ilk hasat zamanının önemli olduğunu belirtmiştir. Özellikle erken zamanda yapılan hasat işleminin zararlı ile savaşında da daha etkin bir çözüm olduğunu, erken hasat işleminin ergin oluşumu başlamadan yapılması durumunda ürün üzerindeki zararı daha da azalttığı ortaya çıkmıştır. Bu yöntemi uygulayarak mümkün olduğunca ergin zararından etkilenmemesi önemli bir çözüm olduğunu da ifade edilmiştir. Üretim alanlarında 2020 yılında bazı parsellerde tel kurtları gözlemlendiği için 2021 yılında tedbir amaçlı olarak mısırdaki tohumun korunması için kimyasal uygulama yapılmış ve tel kurdu zararını ortadan kaldırdığı ifade edilmiştir. İşletmenin önemli tarımsal ürünlerinde olan buğday üretiminde görülen buğday sarı pas hastalığı, verilerin sağlandığı 2018 yılı hariç diğer tüm yıllarda mücadele için uygulamalar yapılmıştır. Bu amaçla yapılan tarımsal savaşım alanları ve başarı gösteren oranlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Çalışmanın alanındaki yonca bitkisi hortumlu böceğine karşı insektisit uygulanan alanlar ve başarı oranı

Yıl	Uygulama yapılan alan	Başarı sağlama durumu	
	(da)	(da)	(%)
2018	4890	3178	64.99
2019	3783	2458	64.97
2020	-	-	-
2021	4184	2719	64.99
2022	-	-	-
Toplam	12857	8355	64.98

İşletmede diğer bir fungal hastalık kökboğaz olup, 2018 ve 2021 yıllarında kimyasal uygulama gerektirecek kadar etkili oluşturmuş (Tablo 10) ve yapılan uygulamanın sonuçları aynı tabloda verilmiştir. 2018 hariç diğer kalan yıllarda tarımsal savaşım yapılan sarı pasın yılların ortalamasına göre başarı durumu %94.02 olmuştur (Tablo 10).

Tablo 10. Buğday üretim alanında görülen kökboğazı ve sarı pasa karşı yapılan fungusit uygulamaları ve başarı oranı

Yıl	Zararlı	Uygulama yapılan alan	Başarı sağlama durumu	
		(da)	(da)	(%)
2018	Kökboğazı	3500	3430	98.00
2019	Sarı pas	8040	7638	95.00
2020	Sarı pas	9264	8430	91.00
2021	Kökboğazı+Sarı pas	4233	3979	94.00
2022	Sarı pas	1591	1558	97.93
Toplam		26628	25035	94.02

Bu çalışmada kullanılan kendi yürür bitki koruma makinasının performansı ve deneyimli operatör tarafından kullanılması nedeniyle kimyasal uygulamanın yapıldığı alanlarda genel olarak biyolojik başarı %90 civarında gerçekleşmiştir (Tablo 6, 7, 8, 9, 10). Dolayısıyla makinanın teknik özellikleri ve kullanıcı durumu birlikte ele alındığında, makina biyolojik iş başarısının uygulamada önemli bir yeri olduğu söylenebilir. Özellikle makina iş genişliğinin yüksek olması (32 metre) yapılacak kimyasal uygulamaların daha hızlı ve zamanlı yapılmasını sağladığından zararlı etmenlerin kontrolünde etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca makinanın kendine ait bir motor sisteminin bulunması yol konumunda daha yüksek ve iş konumunda ise daha düşük hız seviyelerinde hareket kabiliyetini sağlamaktadır (Tablo 5). Diğer taraftan uygulama rampasında veya bum çubuğunda bulunan 4-başlıklı püskürtme meme tutucuları ve özellikli Teejet marka ST110-04 nolu yelpaze huzmeli memelerin bulunması farklı bitki koruma ürün dozları arası geçişler ve istenilen dozda uygulama rahatlıkla yapılabilmektedir. Örneğin parseller arası geçişlerde hastalık ve zararlı etmeni durumuna göre bir parselde 110-04 numaralı meme kullanılırken, bir başka parselde 110-2.5 veya 110-0.25 numaralı meme kullanılabilen ve uygulama dozu da rahatlıkla ayarlanabilmektedir. Yine makinada bulunan GPS (coğrafi konumlama) sistemi ile alan tarama ve akıllı boyama sistemleri sayesinde aynı yere ikinci kez uygulama yapılmamakta, bu sayede ürünün zarar görmesi ve bitki koruma ürün maliyetinin artmasının önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Makinanın tekerlek arası mesafesi veya iz genişliği şaseler arasına yerleştirilen bir

piston sayesinde kolaylıkla ayarlanabilmekte ve farklı sıra arasına sahip olan ürünlerin çok daha kolay bir şekilde uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede hiçbir ürün zarar görmeden kimyasal uygulama sağlanmış olmaktadır. Ayrıca makinanın saatlik iş başarısının parsellerin eğim, toprak yapısı ve özellikleri ile ürün çeşidine bağlı olarak 350-500 da/h arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu pülverizatörle bütün yıl boyunca ortalama olarak 90-100 saat arasında değişebilen ve ortalama 30 bin da alanı bulan uygulamaların yapıldığı ifade edilmiştir.

4.SONUÇ

Çalışmanın yürütüldüğü alanlarda yetiştirilen yonca, buğday ve mısır bitkisinde görülen hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile bu etmenlere karşı yapılan bitki koruma uygulamalarının biyolojik başarı oranları tespit edilmiştir. Uygulamada kendi yürür bitki koruma makinası kullanılmıştır. Makinanın tekerlek arası mesafesinin ve yerden yüksekliğinin ayarlanabilir olması, uygulamaların zamanında, düzenli ve bitkiye zarar vermeyecek şekilde yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca makinada kullanılan özellikli yelpaze huzmeli memeler, 32 metre uzunluğunda iş genişliğinde uygulama bumunun bulunması, alan tarama ve akıllı boyama sistemlerinin bulunması, uygulama başarı oranları üzerine olumlu etkisi olmuştur.

Üretim yapılan alanlarda özellikle sirken ve püsküllü çayır otu bölgenin hâkim yabancı otu konumundadır. Sirken, püsküllü çayır otu ve horozibiği üretim alanın tamamında ciddi şekilde mücadele edilen yabancı otlar olmakla birlikte gökbaş ve uzun süpürge otu da sıklıkla görüldüğü tespit edilmiştir. Belirtilen bu otların dışında çok az miktarda ballıbaba (*Lamium purpureum*), taşkesen (*Buglossoides arvensis*) ve köygöçüren (*Cirsium arvense*) gibi otlara da rastlanılmış, ancak düzensiz varlığı nedeniyle kayıtlara dahil edilmemiştir.

Genel olarak kimyasal mücadele uygulamalarında kullanılan etken maddeler ve miktarların yeterli olduğu, uygulamanın biyolojik başarısının yoncada hortumlu böcek hariç %90 ve üzeri olduğu tespit edilmiştir. Yonca hortumlu böceğin larva gelişimini bitkinin üzerinde geçirdiği için tespit edildiği anda erginlik dönemine girmiş ve yonca bitkisine zarar vermeye başlamış dönemde iken uygulamaya başlanmak zorunda kaldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yonca hortumlu böceğinin zararını en aza indirebilmek amacıyla yonca parsellerindeki ilk hasadı olabildiğince hızlı yapmaya çalışıldığı ve böylelikle hortumlu böceğin konukçu bularak gelişmesini engellediği saptanmıştır. Hortumlu böcek zararı sonucunda ilk hasat erken yapılmış parsellerin tamamında sonraki yıllarda hortumlu böcek zararı ya dikkate değer olmayacak kadar az görülmüş ya da hiç görülmemiştir.

Buğdayda genel olarak kökboğaz ve sarı pas hastalığı her yıl görülmekte olup, kökboğaz hastalığının iklim şartları sebebiyle dönemsel olarak yeterince hava sıcaklığını yakalayamadığı için parsellere zararının hemen hiç olmadığı tespit edilmiştir. Sarı pas hastalığı ise ülkemizde ciddi şekilde tarım alanlarında zarar verdiği için sürekli olarak arazi kontrolleri ile takibi yapılmakta ve parsellerde tespit edildiği anda uygulama yapılarak verim kaybının önüne geçilebildiği görülmüştür. Yine buğdayın önemli zararlısı olan ekin kambur böceği 2018-2022 yılları arasındaki dönemde sadece 2022 yılında görülmüş olup, yapılan mücadele sonucunda %90 oranında başarı sağlandığı belirlenmiştir.

Çalışmada belirlenen yabancı otların mevcut durumu değerlendirildiğinde, genel olarak bölge florasıyla uyumlu olduğu ve daha önce yapılmış benzer çalışmalar ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, bölgedeki zararlı etmenlerin tanınmasına ve bu konuda yapılacak başka çalışmalar için ön bilgi kaynağı olarak katkı sağlayacaktır. Yine de bölgeye özgü daha fazla çalışma ve araştırma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi için gerekli verilerin kullanılmasına izin veren ve beni destekleyen çalıştığım kurum olan Anadolu Tarım İşletmesi'ne Gökhan GÜRGEN olarak teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akan, K., Çetin L., Albostan S., Düşünceli F., Mert Z., 2006. İç Anadolu'da görülen önemli tahıl ve nohut hastalıkları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(1-2), 29-48.
- Akar, Ö., Tiryaki, O., 2018. Antalya ilinde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1), 60-70.
- Anonim, 2024. Anadolu Tarım İşletmesi Müdürlüğü verileri.
<https://www.tigem.gov.tr/Isletme/Detay/397af052-1740-ee11-b80e-00155d019b76>.
- Çekmez, U., Özpınar, A., 2014. Çanakkale ili mısır ekim alanlarında zararlı olan mısır kurtları (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre ve *Ostrinia nubilalis* Hübner)'nin bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(1), 11-19.
- Çoruh, İ., Zengin, H., 2009. Erzurum yöresinde yonca ekim alanlarında bulunan yabancı otlar, yoğunlukları ve rastlama sıklıkları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 40 (1), 49-53.
- Gönen, O., 1999. Çukurova Bölgesi Yazlık Yabancı Ot Türlerinin Çimlenme Biyolojileri ve Bilgisayar ile Teşhise Yönelik Morfolojik Karakterlerinin Saptanması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi. ss. 233.
- Gözüaçık, C., 2019. Yonca hortumlu böceği, *Hypera postica* (Gyllenhal, 1813) (Coleoptera: Curculionidae)'nin bazı biyolojik özellikleri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3), 1220-1225.
- Güzel, M., 2022. Tokat Bölgesi Buğday Üretiminde Bazı Yabancı Otların Derin Öğrenme Yöntemi İle Tespit Edilmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi. ss.162.
- Özmen, M., 2009. Yonca hortumlu böceği (*Hypera postica* Gyllenhal (coleoptera: Curculionidae)'ne karşı değişik dönemlerde yapılan ilaçlamaların yonca (*Medicago sativa* L.)'da zararlı, doğal düşman ve verim üzerine etkileri. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van.
- Özpınar, S., Özpınar, A., Şahin, A.K., Büyükcan, B., 2013. Çanakkale ilinde farklı toprak işlemenin buğday zararlısı ekin kambur böceğinin (*Zabrus spp* (Coleoptera: *Carabiadae*) popülasyon yoğunluğuna etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9(3), 239-245.
- Türe, C., Böcük, H., 2000. Bilecik ilindeki tarım alanlarında yayılış gösteren yabancı otlar ve yayılış alanları. Türkiye Herboloji Dergisi, 3(2), 34-46.
- Türe, C., Köse, Y.B., 2000. An investigation on the weed distribution in some agricultural fields of Eskisehir and Environs. Turkish J of Agriculture and Forestry, 24, 327-331.
- Uslu, Ö.S., Kaya, M., 2021. Yonca (*Medicago sativa* L.) Yem Bitkilerinin Kraliçesi. Iksad Publications, 2021. ISBN: 978-625-7636-60-5. Ankara, Turkey.
- Yıldırım, A., Ekim, T., 2003. Orta Anadolu Bölgesi Yabancı Ot Florası. Bitki Koruma Bült., 43(1-4), 1-98.
- Yılmaz, H., 2015. Analysis in terms of environmental awareness of farmers' decisions and attitudes in pesticide use: the case of Turkey. Bulgarian Chemical Communications, 47(3), 771-775.
- Yılmaz, H., 2021. Economic and toxicological aspects of pesticide management practices: Empirical evidence from Turkey. Int Letters of Natural Sci., 81, 23-30.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Chemical control is the most preferred method of agricultural pest management in our country, as well as in other agricultural areas, leading to an increase in the consumption of agricultural chemicals of this type. In this method of control, agricultural chemicals are generally used alone or in combination with other chemical agents depending on the type of disease and pest. In integrated use, it is important that the active ingredients in agricultural chemicals are composed in formulations that do not counteract each other and can effectively suppress pests and organisms when used together. In this method, it is necessary to know the properties of agricultural chemicals and the equipment used in spraying, and to adjust the application dose correctly. The use of agricultural chemicals and sprayers with unknown properties can result in excessive or insufficient use of chemicals, causing problems such as chemical burns on plants, pesticide residues in crops, insufficient protection against diseases and pests, and consequently unexpected production and yield losses. For this reason, in order to examine the effectiveness of agricultural pest control in crop production, the crop production in the study area were taken as the basis, and the pest control record systems in the farm were examined. Within the scope of this evaluation, records covering the last five years were examined, and the situations regarding the use of agricultural chemicals were addressed. In addition, face-to-face interviews were conducted with technical personnel and agricultural engineers actively working in the farm, and the information obtained was collectively evaluated. As a result of the evaluation, an attempt was made to estimate the effectiveness of the plant protection chemicals and sprayer used in the areas where crop production is carried out at the study farm.

Methodology

The study was conducted in a state agricultural farm, affiliated with the General Directorate of Agricultural Farms (TİGEM). The farm is located within the borders of Eskişehir province, with its center in Mahmudiye district on the Eskişehir-Çifteler highway. The establishment of the farm dates back to the early 19th century. The farm, which has both plant and animal production potential, was named Çifteler Practice Farm in the 1930s and became today name under the General Directorate of Agricultural Farms in the 1980s. Eskişehir province, where the farm is located, has a continental climate due to geographical conditions, elevations, landforms, and its distance from the sea. However, due to its proximity to the Aegean and Marmara regions, it also carries the more temperate climate characteristics of these regions, making it a transitional area between different climates. Generally, the province experiences partly cloudy and snowy winters, moderately rainy springs, and clear summers. The annual average air temperature is 10.9°C, and in January, the coldest month, temperatures can drop to average 2°C. Typically, the coldest days occur from mid-December to mid-February, often accompanied by frost events, with temperatures falling as low as sometimes to -25°C. In recent years, there have been extremely warm days during this period, with temperatures between 10°C and 15°C in January. In contrast, the hottest days are experienced between June and August, with the lowest temperatures ranging between 10 °C and 15 °C and the highest reaching up to 30-40 °C. One of the most notable characteristics of the province's continental climate is the significant temperature difference between day and night, generally varying between 15-17 °C.

Throughout the province, the wind blows from east to west in winter, while north-westerly winds are observed with the beginning of spring. Towards the end of spring, winds from the southwest, west, and northwest can be seen. During summer, occasional temporary strong easterly winds can occur. In

autumn, especially from the end of September, winds from the east, northeast, and southeast emerge. The strongest wind of the year occurs in January from the southeast direction, with a speed of 22.6 m/s, while the annual average wind speed is 2.48 m/s. The average relative humidity is approximately 63%, generally measured below this value. The agricultural production areas of the farm generally consist of second-class lands, with the soil characterized by a sandy-loamy texture.

The farm, which has a total land area of 44.824 da, uses 42.199 da of this area for agricultural production activities. The primary agricultural activities are cereal and forage crop seed production, with approximately 3000 tons of certified seeds being prepared annually and distributed to local farmers. Additionally, cattle, horse, sheep, and goat breeding are conducted at the farm. Consequently, there is a high demand for roughage and silage maize production. To meet this need, natural pastures are primarily used for roughage production.

The status of plant protection applications in the areas of crop production within the farm was examined. For this purpose, the fields where the self-propelled sprayer, which is more commonly used in the farm's agricultural tools and machinery park, was used were investigated. The examinations continued in all plots where the mentioned machine was used for weeding and pest control. The technical records of field and forage crops in the plots where plant protection was applied between 2018 and 2022 were examined, and the records from 121 plots were considered. The pesticides used and their active ingredients were identified during these records. The change rate of disease and pest levels with these active ingredients and applied doses was determined. Thus, the success rates of the applications made with the existing sprayer were revealed. Besides written records, necessary information about the plant protection applications was obtained through face-to-face interviews with technical personnel working in the relevant departments of the farm.

The study was conducted in the first quarter of 2024 to determine the plant protection applications carried out in accordance with the crop patterns between 2018 and 2022 at the study area, one of the farms affiliated with the General Directorate of Agricultural Farms (TİGEM).

Results and Conclusions

In the study, methods were used to collect and obtain the necessary data, revealing that weed control was more intense in the plots used for plant production. Within this scope, the main weeds being controlled were identified as redroot pigweed (*Amaranthus albus* L.), lambsquarters (*Chenopodium album*), cheatgrass (*Bromus tectorum*), flixweed (*Descurania sophia*), and cornflower (*Centaurea cyanus* L.). Additionally, the presence of diseases and pests such as yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici*), root rot (*Rhizoctonia solani*), alfalfa weevil (*Hypera variabilis*), and cereal leaf beetle (*Zabrus spp.*) was also detected. In the study, the success rates of pest and disease control activities in alfalfa, wheat, and corn crops during the 2018-2022 period were determined at the study area, which operates under the General Directorate of Agricultural Farms located in the Central Anatolia Region.

In all spraying activities carried out at the farm, the self-propelled sprayer was used. The adjustable wheel spacing, and ground clearance of the sprayer allowed activities to be carried out on time, regularly, and without damaging the plants. Additionally, the use of Turbo Teejet (ST110-04) fan nozzle features, the 32-meter-long spray boom, area scanning, and smart boom systems in the machine contributed to the success rates of the spraying activities. The farm exhibits the typical weed characteristics of the Central Anatolia Region, with particularly prevalent weeds such as common lambsquarters and barnyard grass dominating the area. Although common lambsquarters, barnyard grass, and redroot pigweed are the most controlled weeds throughout the farm, blueweed and long broomweed are also

frequently observed. In addition to these mentioned weeds, a small amount of henbit (*Lamium purpureum*), corn gromwell (*Buglossoides arvensis*), and creeping thistle (*Cirsium arvense*) are also encountered.

Overall, it was determined that the active ingredients and quantities used in chemical control applications were adequate, with the biological success rate of spraying being 90% or above for all pests except for the alfalfa weevil (*Coleoptera: Curculionidae*) in alfalfa. It was found that the alfalfa weevil larvae spend their development period on the plant, and by the time they were detected, they had already reached adulthood and started damaging the alfalfa plant, necessitating the commencement of control measures. Therefore, to minimize the damage caused by the alfalfa weevil, the farm tries to perform the first cut of alfalfa parcels as quickly as possible, thereby preventing the weevil from finding a host and developing. As a result of early first cutting due to weevil damage, the weevil damage in subsequent years was either negligible or non-existent in all parcels.

In the farm, common root rot and yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) diseases are generally observed in wheat plots per year, and it was found that root rot disease caused almost no damage to the parcels due to not meeting sufficient warm temperatures seasonally due to climatic conditions. Yellow rust disease, which seriously damages agricultural lands in the country, is continuously monitored through field inspections, and spraying is carried out immediately upon detection in the parcels to prevent yield loss. The cereal leaf beetle (*Oulema melanopus*) was observed only in 2022 during the 2018-2022 period, and a 90% biological success rate was achieved with the spraying conducted.

When evaluating the current of the identified weeds, it was determined that they are generally consistent with the regional flora and similar previous studies. This study will contribute as a preliminary information source for recognizing the weeds in the region and for other studies to be conducted on this subject. However, it is thought that more studies and research on the region are necessary.

Yazarların Biyografisi



Gökhan GÜRGEN

2011 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. 2012 yılında Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Türkgeldi Tarım İşletmesi Müdürlüğü'nde Ziraat Mühendisi olarak iş hayatına başlamış ve 2017 yılına kadar bu İşletmede çalışmıştır. 2017-2022 yılları arasında Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde görev yapmış olup 2022 yılından bu yana Anadolu Tarım İşletmesi Müdürlüğü'nde Teknik Şef olarak görev yapmaktadır.

Adres: Anadolu Tarım İşletmesi Müdürlüğü, Tarımsal Mekanizasyon Teknik Şefliği, 26800, Mahmutiye, Eskişehir, Türkiye. Tel: +90-222-6113009.

İletişim

ggurgen17@hotmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0009-0000-2697-3669>



Sakine ÖZPINAR

1988 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nde lisans, 1992'de Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nde yüksek lisans ve 1998'de ise Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora eğitimini tamamladı. 1990 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde araştırma görevlisi olarak görevine başladı ve Çanakkale Onsekiz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde halen Profesör olarak görevine devam etmektedir. Adres: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale, Türkiye. Tel: +90-286-2180018.

İletişim

sozpınar@comu.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-4132-5931>

İklim Değişikliği Baskısı Altında Tarımda Enerji Kullanım Etkinliğinin Artırılması

Increasing of Energy Use Efficiency in Agriculture Under the Pressure of Climate Change

Mustafa Vatandaş¹  Mehmet Metin Özgüven^{1,*} 

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M.M. Özgüven, e-mail (e-posta): mmozguven@ankara.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 06.06.2024
Düzeltilme tarihi : 21.08.2024
Kabul tarihi : 22.08.2024

Anahtar Kelimeler:

Enerji Etkinliği
İklim Değişikliği
Sera Gazı Emisyonu

Atf için:

Vatandaş, M., Özgüven, M.M., (2024). "İklim Değişikliği Baskısı Altında Tarımda Enerji Kullanım Etkinliğinin Artırılması", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 141-155.

ÖZET

Fosil yakıt kullanımına bağlı oluşan sera gazı emisyonlarının atmosfere karışması nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları yaşanmaktadır. Son yüzyılda fosil yakıtların yoğun kullanılmasından kaynaklı atmosferdeki CO₂ miktarında ve ortalama dünya yüzey sıcaklığında artışlar yaşanmıştır. Sıcaklık artışlarının 4 °C'ye ulaşması durumunda, dünyanın çeşitli yerlerinin insanların yaşamasına elverişsiz hale gelmesi beklenmektedir. Tarım sektörü, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en belirgin olduğu sektördür. İklim değişikliğine bağlı olarak tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzluklar tarımsal üretimde verim ve kalitede azalmaya neden olmaktadır. Dünya nüfusunun arttığı ve tarımsal alanların azaldığı bir trendde, insanların gıda talebinin karşılanması için bu olumsuzluklara karşı çözüm arayışları sürmektedir. Sera gazı emisyonları en büyük oranda enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle yaşanan olumsuzluklara karşı bilim insanları, ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından çeşitli çalışmalar ve anlaşmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir bölümü yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve enerji etkinliğinin sağlanması ile sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerinedir. Bu çalışmada, tarımsal üretimde enerji etkinliğinin artırılması konusunda alınabilecek önlemler açıklanmıştır.

Article Info

Received date : 06.06.2024
Revised date : 21.08.2024
Accepted date : 22.08.2024

Keywords:

Energy Efficiency
Climate Change
Greenhouse Gas Emission

Vatandaş, M., Özgüven, M.M., (2024). "İklim Değişikliği Baskısı Altında Tarımda Enerji Kullanım Etkinliğinin Artırılması", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 141-155.

ABSTRACT

Global warming and climate change problems are experienced due to the release of greenhouse gas emissions resulting from the use of fossil fuels into the atmosphere. There have been increases in the amount of CO₂ in the atmosphere and the average earth's surface temperature due to the intensive use of fossil fuels in the last century. If temperature increases reach 4 °C, it is expected that parts of the world will become uninhabitable for humans. The agricultural sector is the sector where the negative effects of climate change are most evident. Various problems such as irregular rainfall, drought, water scarcity, soil degradation, and increase in diseases and pests due to climate change negatively affect agricultural production. These negativities cause a decrease in productivity and quality in agricultural production. In a trend where the world population is increasing and agricultural areas are decreasing, the search for solutions to these negativities continues in order to meet people's food demand. Greenhouse gas emissions are largely caused by energy production and consumption. Various studies and agreements have been made by scientists, national and international organizations against the negativities experienced due to climate change. Some of these studies are on reducing greenhouse gas emissions by increasing the use of renewable energy and ensuring energy efficiency. In this study, measures that can be taken to increase energy efficiency in agricultural production are explained.

GİRİŞ

Günümüz dünyasında fosil yakıt kullanımı ve ormansızlaşma gibi insan kaynaklı faaliyetlerin artması sonucunda oluşan sera gazlarının atmosfere karışması nedeniyle, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları yaşanmaktadır. Fosil yakıtların kullanımının artışı, çağımızın büyük çevre sorunu olarak nitelendirilen iklim değişikliği sorununun nedenleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Çünkü sera gazları arasında en önemli yer tutan gaz olan CO₂ miktarının çok büyük bir bölümü fosil yakıtların yanmasından oluşmaktadır (DEK-TMK, 2012; Özgüven ve Bilgili, 2023). Son yüzyılda fosil yakıtların yoğun kullanımı nedeniyle, atmosferdeki CO₂ miktarı sanayi devrimi öncesindeki değeri olan 270 ppm düzeyinden 389 ppm düzeyine yükselmiştir. Bu artışın durdurulamaması durumunda önemli iklimsel değişikliklerin meydana gelebileceği uzmanlar tarafından ifade edilmektedir. Ayrıca küresel ısınmanın etkisiyle ortalama dünya yüzey sıcaklığının 0,8 °C arttığı rapor edilmektedir. Sıcaklık artışının 4 °C'ye ulaşması durumunda dünyanın birçok bölgesinin insanların yaşaması için elverişsiz hale geleceği uzmanlar tarafından belirtilmektedir (Kasap vd., 2012). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporu, sıcak hava dalgaları, aşırı sıcaklıklar, şiddetli yağışlar, kuraklık ve tropik kasırgalar, daha uzun sıcak mevsimler ve daha kısa soğuk mevsimler gibi iklim değişikliklerinin önümüzdeki on yıllarda dünyanın tüm bölgelerinde artacağını öngörmektedir. Ayrıca, IPCC uzmanları tarım ve sağlık için aşırı sıcaklık eşiklerinin daha sık aşılabacağına dikkat çekmektedir (IPCC, 2021).

Enerji talebi kalıpları ve tedarik sistemlerinin iklim değişikliğine doğrudan etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler, azaltma ve uyum çabalarına çeşitli şekillerde yardımcı olacak veya engel olacaktır. Bu nedenle iklim değişikliğiyle mücadele için bu etkilerin iyi anlaşılması ve enerji sistemi karbonsuzlaştırma yollarının maliyetlerinin, fizibilitesinin ve optimal zamanlamasının kapsamlı bir şekilde incelenmesi ile küresel enerji sisteminde büyük bir dönüşüm yapılması gerekmektedir (Cronin vd., 2018). Enerji sektörü fosil yakıt bazlı üretim tesislerinden, yani elektrik santrallerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarıyla ilişkili iklim değişikliğinde önemli bir sorumluluk taşımaktadır. Dolayısıyla enerji sektöründeki faaliyetler, sektörün fosil yakıtlara aşırı bağımlılığının, sektörü sera gazı emisyonlarını sınırlamak ve azaltmak için tasarlanmış iyileştirici politikaların hedefi haline getirmektedir. Bu faaliyetler arasında sıkı izin süreçleri, emisyon hedefleri, temizleme teknolojileri, karbon yakalama yöntemleri ve yenilenebilir portföy standartları yer almaktadır. Sonuç olarak, iklim değişikliği konuları, enerji güvenliği, kaynakların yenilenebilirliği ve ekonomik kalkınma ile ilgili kaygıların yanı sıra modern enerji politikalarına da etkili olmaktadır. Bu nedenle enerji sağlayıcıları, emisyon azaltımına, alternatif enerji kaynaklarına, iletim tesislerine ve şebeke modernizasyonuna önemli yatırımlar gerektiren, giderek katılaştıran çevresel düzenlemelere tabidir. Ayrıca fosil yakıtlardan (özellikle kömürden) rüzgar, güneş, jeotermal, hidroelektrik ve biyoenerji gibi yenilenebilir kaynaklara geçişin, temiz, güvenilir ve uygun fiyatlı enerji hedefleri ile bu hedeflere ulaşmak için sorumlu ilgili kurum ve kuruluşlar arasındaki tercihler üzerinde önemli etkileri vardır (Beecher ve Kalmbach, 2012).

Ülkemizde 2021 yılında gerçekleşen toplam sera gazı emisyonlarının sektörel dağılımına bakıldığında, CO₂ eşd. olarak en büyük emisyon oranının %71,3 ile enerji üretim ve tüketiminden kaynaklandığı görülmektedir. Sera gazı emisyonuna neden olan diğer önemli alanlar sırasıyla %13,3 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,8 ile tarım ve %2,6 ile atık sektörü takip etmektedir. 2021 yılında sektörlere göre hesaplanan emisyon miktarları şu şekildedir. Enerji sektörü emisyonları 402,5 Mt CO₂ eşd., endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 75,1 Mt CO₂ eşd., tarım sektörü emisyonları 72,1 Mt CO₂ eşd., atık sektörü emisyonları ise 14,7 Mt CO₂ eşd. şeklinde sıralanmaktadır.. Ayrıca CH₄ emisyonuna tarımın %61,4 gibi en büyük oranda neden olduğu ve bunu %19,3 ile enerji,

%19,3 ile atık ve %0,03 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörlerinin takip ettiği belirlenmiştir. N₂O emisyonlarının ise %78 oranda tarım ve ardından %11,1'i enerji, %5,9'u atık ve %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir (TÜİK, 2023). Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak özellikle enerji üretim ve tüketiminde ortaya çıkan emisyonlar, iklim değişikliği ve çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle temiz enerji olarak tanımlanan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerjinin artırılması ve mevcut teknolojilerin kullanımında enerji etkinliğinin artırılması gerekmektedir.

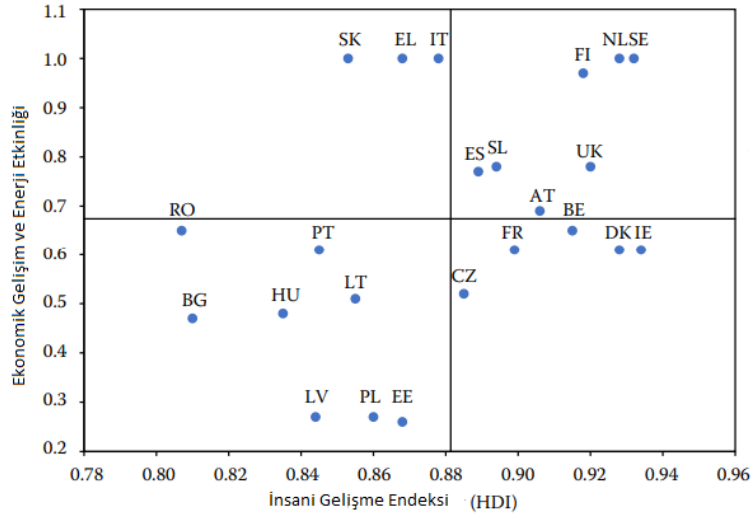
Bu çalışmada, tarımsal üretimde enerji kullanım etkinliğinin artırılması amacıyla yapılabilecek uygulamalar açıklanmıştır. Enerji, tarım dahil her türlü üretim faaliyetinin temel girdisi olduğundan, tüm girdilerde olduğu gibi kullanılan enerjinin çıktıya dönüşen miktarı enerji kullanım etkinliği olarak ifade edilmektedir. Tarımsal üretimde kullanılan makine yapım ve bakım, yakıt, yağ, iş gücü, tohum, gübre ve diğer tarım kimyasalları enerji eşdeğerleriyle ifade edilerek etkinlik değerleri hesaplanabilmektedir. Bu tarım kimyasallarının bir kısmı aynı zamanda güneş enerjisinin daha büyük oranda bağlanmasını sağlayarak verim artışına katkıda bulunmaktadır.

1. ENERJİ KULLANIM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI

Etkinlik ve verimlilik kavramları sıklıkla birbiriyle karıştırılmaktadır. Etkinlik daha çok girdi odaklı olarak kullanılırken, bu terime eklenmesi gereken etkililik ise çıktı odaklı bileşenler için kullanılmakta; her iki terimin toplamı ise verimlilik kavramını tanımlamaktadır. Buna göre etkililik “doğru işleri yapmak”, etkinlik “işleri doğru yapmak” olarak ifade edilmekte ve bunların bileşkesi olan verimlilik ise “doğru işleri doğru yapmak” olarak bütünleştirilmektedir (Cavlak, 2021). Yasal düzenlemelere de konu olan enerji verimliliği genel olarak; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılmasını ifade etmektedir.

Enerji dönüşüm etkinliği yüksek olan teknolojinin, etkinliği daha düşük düzeyde olanın yerini daha hızlı bir şekilde almaya başlaması, büyük ölçüde ekonomikliğin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumun kaçınılmaz sonucu olarak enerji etkinliğinin artırılmasına dönük teknolojilerin bir kısmı tarım kesiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Döngüsel hidrojen ekonomisi modeli olarak isimlendirilen modelde, hibrit enerji teknolojilerinin kullanımı öngörülmektedir. Bu modelde enerji etkinliğinin tasarım ve işletme parametrelerinin optimizasyonu ile en büyüklendiği, bu yolla hidrojen döngüsünün sağlandığı yaklaşımda güneş ve rüzgar enerjileri ile su kaynaklarının kullanım etkinliğinin en üst düzeye çıkarılması ve CO₂ emisyonu sorumluluğunun en aza indirilmesi ile enerji, ekserji, çevre ve insan refahı parametrelerinin doğrusal olmayan ilişkilerini düzenlemede yararlı olabileceği belirtilmiştir. Tarımda teknoloji kullanımının göstergeleri arasında yer alan Tarımsal Mekanizasyon İndeksi son yıllarda verimlilik, toplam CO₂ sorumluluğu ve su tüketimiyle ilişkilendirilmektedir (Kılıç, 2024).

Enerji etkinliği hesaplamaları girdi-çıkıtı miktarları ve bunların enerji değerlerine göre belirlenen teknik verilere dayanmakla birlikte, yapılan bazı çalışmalarda sosyo-ekonomik göstergelerle olan ilişkileri ortaya konulmaktadır. Bunlardan birisinde, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından yayınlanan İnsani Gelişme Raporu'nda verilen İnsani Gelişme Endeksi (HDI) değerine bağlı olarak bazı Avrupa Birliği üyesi ülkelerin tarımsal gelişim ve enerji etkinliği değerleriyle oluşturulan serpmme grafik Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Bazı Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerde İnsani Gelişme Endeksi değerlerine bağlı olarak Ekonomik Gelişim ve Enerji Etkinliği değerlerinin dağılımı (Wyokinski vd., 2020)

(Not: Grafikte yer alan yatay ve düşey çizgiler ilgili değişkenlere ait AB ortalamasını göstermektedir. Ülke adları standart kısaltmalarıyla yazılmıştır).

Şekil 1’de yatay eksenini oluşturan insanı gelişme endeksi, ülkeler düzeyinde yaşam beklentisi, eğitim düzeyi ve satın alma gücüne dayalı milli geliri ölçüt olarak alan bir göstergedir. Şekile bakıldığında insanı gelişme endeksi yüksek olan AB üyesi ülkelerin aynı zamanda enerji etkinliği yönünden ortalamadan daha yüksek düzeyde bir performans gösterdikleri izlenmektedir. Bu paralel değişimden hareketle enerji etkinliği değerinin yüksekliğinin insanı gelişme endeksi değerinin yükselmesine olumlu etkisinin olduğu da söylenebilmektedir.

2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI

Bitkisel üretimde üretilen ana ve yan ürünün toplam enerji eşdeğerinden yukarıda belirtilen ticari girdilerin toplam enerji eşdeğeri çıkarıldığında net enerji çıktısına ulaşılabilmektedir. Buna göre,

$$\text{Güneş enerjisi kullanım etkinliği} = \frac{\text{Net enerji çıktısı}}{\text{Yetiştirme dönemindeki toplam güneş enerjisi değeri}} \quad (1)$$

ifadesi yazılabilmektedir (Yavuzcan ve Vatandaş, 1991). Eşitlikten de görüldüğü gibi, güneş enerjisi dönüşüm etkinliği değerinin maksimize edilmesi; girdi optimizasyonuna dayalı olarak net enerji çıktısının en büyüklenmesiyle sağlanabilecektir. Bitkilerin vejetasyon süresi ve buna bağlı olarak eşitliğin paydasında düzenleme yapma olanağı pratik olarak bulunmadığından; pay kısmı ve burada da ticari girdi kullanımının optimizasyonu konusunda mühendislik yapma olanakları bulunmaktadır. Günümüzde hassas tarım uygulamaları ve bu amaçla kullanılan teknolojiler ilaç, gübre, tohum, iş gücü ve mekanizasyon girdilerinin alana özel uygulamalarla optimize edilmesi amacına dönük olarak gerçekleştirilmektedir. Bu yolla aynı zamanda güneş enerjisi dönüşüm etkinliğinin artırılmasına da katkı sağlanmaktadır. Güneş enerjisi dönüşüm etkinliği değerini artırabilmek için uygun bitkilerin yetiştirilmesi, sulanabilir alanlar artırılarak nadasın kaldırılması ve gereksiz gübre ve kimyasal madde kullanımının azaltılması bu konuda atılabilecek adımlar arasında yer almaktadır.

3. AKARYAKIT ENERJİSİNİN KULLANIM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI

Akaryakıt enerjisi (benzin veya motorin) tarımsal üretimin temel enerjisidir. Akaryakıtın birim miktarından alınabilecek enerji, dönüşümü sağlayan motorun tasarım ve işletme parametrelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Akaryakıt enerjisinin dönüşüm etkinliği, temel olarak ısı etkinlik terimiyle ifade edilmektedir. Isıl etkinliğin hesaplanmasında,

$$\text{Isıl etkinlik (\%)} = (\text{Alınan güç (kW)} * 3600) * 100 / [\text{Yakıt tüketimi (kg/h)} * \text{Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)}] \quad (2)$$

eşitliği kullanılabilir (Hunt ve Wilson, 2016). Eşitliğin paydasında yer alan yakıtın alt ısı değeri belirli özellikteki bir yakıt için sabit olduğundan ısı etkinliğin yükseltilebilmesi, alınan gücün artırılması ve/veya yakıt tüketiminin azaltılmasıyla olanaklı hale gelebilmektedir. Bu nedenle belirli bir miktar yakıttan alınan gücün (belirli bir süre içinde alınan enerjinin) ifadesi için yakıtın enerji verimi (kWh/litre) terimi kullanılmaktadır. Güç makineleri için özgül yakıt tüketimi terimi (litre/kWh) ise yakıtın enerji verimi değerinin tersi alınarak bulunabilmektedir.

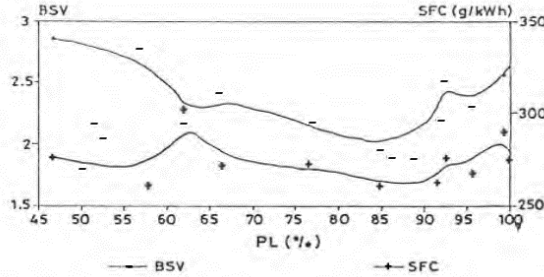
Traktörlerde yakıtın enerji verimi motorun yüklenme oranına bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak yüklenme oranının artışı, yakıtın enerji verimini artırmaktadır (Yavuzcan vd., 1990). Bu durum farklı yakıtlarla çalıştırılan traktörlerde yakıtın enerji verimine Çizelge 1'deki gibi yansımaktadır. Çizelge değerleri, hangi çeşit akaryakıt kullanılırsa kullanılsın, motor yüklenmesindeki artışla yakıtın enerji veriminin de arttığını göstermektedir.

Çizelge 1. Farklı yakıtlarla/motorlarla çalışan traktörlerde motorun yüklenme oranına bağlı yakıtın enerji verimi (kWh/litre) değerleri (Hunt ve Wilson, 2016).

Yüklenme Oranı (%)	Benzinli Motor	LPG'yle Çalışan Motor	Diesel (Doğal Emişli) Motor	Diesel (Turbo) Motor	Diesel (Turbo+Sogutmalı) Motor
100	2,17	1,78	2,90	3,07	3,09
80	1,96	1,68	2,84	2,82	2,86
60	1,63	1,47	2,60	2,55	2,59
40	1,28	1,17	2,13	2,10	2,15
20	0,83	0,83	1,38	1,36	1,42

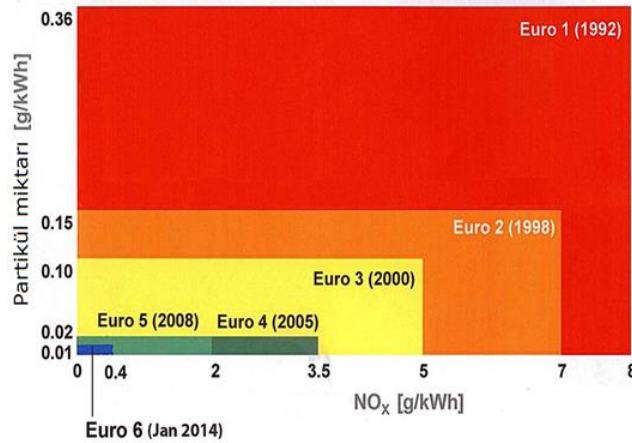
Traktörlerde motorun yüklenme oranı yakıtın enerji veriminin yanında, zararlı emisyon miktarı, aşınma ve çalışma sürekliliğinin sağlanması yönlerinden de önem taşımaktadır. Özellikle birincil toprak işleme gibi ağır çeki işinin söz konusu olduğu pek çok çalışmada, toprak direncinde geniş sınırlar arasında sapmalar görülebilmektedir. Söz konusu sapmalar pulluk gövdesinin aniden derine dalması, taşa veya köke takılması durumlarında oluşabilmektedir. Belirtilen bu olumsuzluklar, motordan talep edilen gücün maksimum gücünü aşması nedeniyle aniden durma (stop etme) durumunu yaratarak çalışmayı kesintiye uğratabilmektedir. Bu şekilde güç talebinde ani değişimlerin söz konusu olduğu çalışmalar için motor gücünün belirli bir oranının yedek (rezerv) güç olarak ayrılması gerekli olmaktadır. Araştırmalar belirtilen yedek güç oranının (kuyruk mili gücü cinsinden) %15 dolayında olmasının; kalan %85'lik kısmın ise tam olarak kullanılmasının uygun olacağını göstermektedir.

Traktörlerde yakıtın enerji veriminin yüksekliği (özellik yakıt tüketiminin düşüklüğü) ve zararlı emisyon miktarının azaltılmasının sağlanması, optimum yanma koşullarının sağlanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 2’de verilen grafik, belirtilen parametrelerin kuyruk mili gücü cinsinden yüklenme oranıyla değişimini göstermektedir.



Şekil 2. Dizele motorlu bir traktörde kuyruk mili gücü cinsinden yüklenme oranına (PL) bağımlı özgül yakıt tüketimi (SFC) ve Bosch Duman Sayısı (BSV) değerlerinin değişimi (Vatandaş ve Ekmekci, 2002)

Şekil 2 değerleri kuyruk mili gücü cinsinden %85 dolayındaki yüklenme oranının, özgül yakıt tüketimi ve zararlı egzoz emisyonu (Bosch Duman Sayısı) düşüklüğü yönünden optimum düzey olduğunu göstermektedir. Yüklenme oranının %90’ın üzerine çıkması, özgül yakıt tüketimini artırdığı gibi; yedek güç miktarını azaltacağından motorun ani durma riskini artırmaktadır. Diğer yandan motorun düşük yüklenme oranıyla yüklenmesinin de özgül yakıt tüketimini ve zararlı emisyon miktarını artırdığı grafikten izlenmektedir. Motorun optimum yüklenme oranında çalıştırılması, yakıt ekonomisinin yanında zararlı egzoz emisyonunun azaltılması için ön şart olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum tersten okunduğunda, zararlı egzoz emisyonunun azaltılabilmesi; yakıtın enerji veriminin yükseltilmesi konusundaki çalışmaları zorunlu hale getirmektedir. Bu konudaki düzenlemelere örnek oluşturması açısından Avrupa Birliği (AB) kurallarının gelişimi Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. AB emisyon standartlarının gelişimi (Tarrant International, 2024)

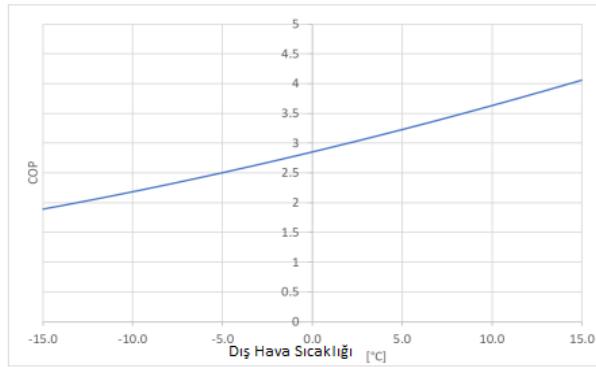
Traktör motorunun yüklenme oranı sadece optimum değer yönünden değil, alt sınır yönünden de kritik bir düzeye sahiptir. Buna göre traktör motorunun düşük veya çok düşük (%30’un altı) yüklenme oranıyla (rölanti devri veya ona yakın devirde) çalıştırılması, yukarıda belirtilen olumsuzluklar yanında yağlama etkinliğinin düşmesi nedeniyle de ek aşınmalara yol açabilmektedir

4. ELEKTRİK ENERJİSİNİN KULLANIM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASI

4.1. Elektrik Enerjisinin Isı Enerjisine Dönüşüm Etkinliği

Elektrik enerjisi direnç ısıtması, ark ısıtması, indüktif ısıtma, kapasitif ısıtma ve mikrodalga ısıtma gibi yöntemlerle ısı enerjisine dönüştürülebilmektedir. Özellikle direnç ısıtması ucuz aygıtlar kullanılarak yüksek bir etkinlikle (daldırma tipi ısıtıcı gibi) kullanılarak uygulanabilmektedir. Ancak bu tip ısıtmada 1 kWh'lik enerji bedeliyle %100 etkinlikte 860 kcal değerinde verim elde edilmesi; alternatif kaynakların (doğalgaz, kömür vb) ısıtmadaki ekonomiklik düzeyiyle rekabet şansını oldukça azaltmaktadır (Onurbaş Avcıoğlu vd., 2011). Elektriksel ısıtma aygıtlarının amaca uygun kullanımı için ısıtmanın hangi yolla aktarıldığı (kondüksiyon, konveksiyon veya radyasyon) fonksiyon yönünden önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisinin dönüşen enerji olarak değil de çevrimi sürdürmek amacıyla kullanıldığı ısıtma/soğutma makinesi ısı pompası olarak adlandırılmaktadır. Isı pompasının etkinliği, aktardığı enerjinin kullandığı enerjiye oranı olarak hesaplanan performans katsayısı (COP) terimiyle ifade edilmektedir. Performans katsayısı ısı pompasının ısı aktarımı yaptığı soğuk ve sıcak kaynağın sıcaklıklarıyla yakından ilgilidir. Kapalı yerlerin ısıtılmasında ortalama konfor değerleri için elde edilen COP değerlerinin dış ortam sıcaklığına bağlı olarak değişimi Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Isı pompasıyla havadan havaya ısıtmada dış ortam sıcaklığına bağlı olarak performans katsayısının (COP) değişimi (Eguiarte vd., 2020)

4.2. Elektrik Enerjisinin Işık Enerjisine Dönüşüm Etkinliği

Elektriksel aydınlatmada genel (toplam) sistem etkinliği,

$$E_o = E_s * E_{LO} * CU * LLF \quad (3)$$

eşitliğiyle verilmektedir (Sanford ve Go, 2022). Bu eşitlikte,

E_o : Genel sistem etkinliği (lm/W),

E_s : Kaynağın ışık verimi (lm/W),

E_{LO} : Armatürün yansıtma etkinliği (ondalık),

CU: Aydınlatma tesir derecesi (birimsiz),

LLF: Işık kaybı (Tozlanma) faktörü (birimsiz)'dir.

Yukarıdaki eşitlik gereğince aydınlatma uygulamalarında ışık verimi yüksek olan ışık kaynaklarının kullanımı temel esastır. Bu amaçla kapalı mekanların aydınlatılmasında LED ampullerin, açık ortamların aydınlatılmasında ise LED ampullerin yanı sıra civa buharlı veya sodyum buharlı ampullerin kullanımı enerji kullanım etkinliğini maksimize edebilmek için gereklidir. Diğer yandan ampulün takıldığı armatürde yer alan yansıtacın ışığı dağıtma karakteri, kaynağın ortama verdiği ışık akısının ne kadarından yararlanılabildiği (aydınlatma tesir derecesi) ve ampulün ve yansıtacın tozlanması nedeniyle oluşabilen ışık kaybı faktörü (0,6-0,8) elde edilen ışık akısından yararlanma oranını önemli oranda etkilemektedir. Buna göre aydınlatmanın ışık verimi yüksek bir ışık kaynağı kullanılarak, yüksek oranda direkt ışık veren yansıtıcılarla

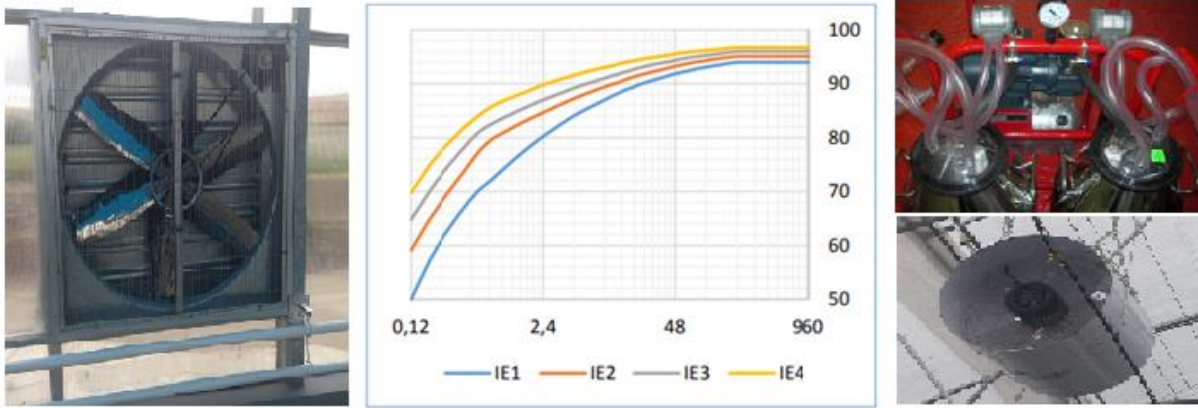
$$\text{Aydınlatma tesir derecesi} = \text{Aydınlatılacak yerin genişliği/Lamba asma yüksekliği} \quad (4)$$

oranının mümkün olan en yüksek değerde olduğu, tavanı ve duvarları açık renk boyanmış, ampulün ve yansıtacın tozdan uzak tutulduğu koşullarda yapılması enerji kullanım etkinliğini artıracaktır.

Yukarıda açıklanan tasarım ve işletmeyle ilgili düzenlemelerin yanı sıra, gün ışığından daha yüksek oranda yararlanılması, kullanılmayan alanların aydınlatılmaması, zamanlayıcılar, fotoseller veya hareket sensörleriyle lambalara kumanda edilmesi ve masa üstü çalışmalarda masa lambası kullanılması gibi uygulamalar da aydınlatmada enerji tasarrufu olanağı sağlayabilmektedir.

4.3. Elektrik Enerjisinin Mekanik Enerjiye Dönüşüm Etkinliği

Yapılan hesaplamalara göre dünya genelinde arz edilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık yarısı elektrik motorları tarafından kullanılmaktadır (Ünal, 2021). Tarım kesiminde bulunan elektrik motorları ise toplam tüketimin yaklaşık 1/3'ünü gerçekleştirmektedir (Anonim, 2015). Bu durum kullanılan elektrik motorlarının verimlilik sınıfının önemini açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. TS EN 60034-30-1'e göre elektrik motorlarının verimlilik sınıfları (Esen, 2015)

(Not: Grafikte yatay eksen elektrik motorunun anma gücünü (kW), dikey eksen enerji dönüşüm etkinliğini (%) göstermektedir).

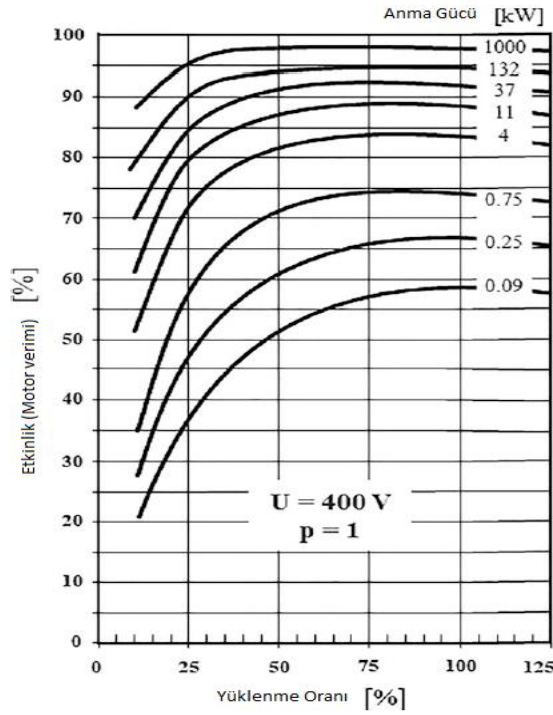
Şekil 5'de elektrik motorlarının standartlaştırılmış verimleri IE1: Standart verimli, IE2: Yüksek verimli, IE3: Çok yüksek (premium) verimli, IE4: Çok çok yüksek (süper premium) verimli olarak yer almaktadır. Günümüzde tarımda ve sanayide kullanımı çok yaygın olan kısa devre rotorlu asenkron

motorlar, malzeme ve teknolojik sınırlılıklar nedeniyle en yüksek IE3 verimlilik sınıfında üretilebilmektedir. Şekilden özellikle anma gücü 55 kW'ın altında olan elektrik motorlarında

$$\text{Elektrik motorunun enerji dönüşüm etkinliği} = \text{Motorun milinden alınan güç} / \text{Motorun şebekeden çektiği güç} \quad (5)$$

eşitliğine bağlı olarak belirlenen verimlilik sınıfı üzerinde yüksek düzeyde etkili olduğu izlenmektedir.

Elektrik motorlarının yüklenme oranı, enerji etkinliği üzerinde etkili olan bir diğer faktörü oluşturmaktadır. Elektrik motorları emniyet öngörüsüyle anma yüklerinin bir miktar altında yüklenerek çalıştırıldığından, söz konusu yüklenme (kısmi yüklenme) oranındaki enerji etkinlik değeri önem taşımaktadır. Üç fazlı asenkron motorlarda (anma gücünün yüzdesi olarak) yüklenme oranına bağlı enerji etkinliği (verimlilik) değerlerinin değişimi motorların anma gücüne bağlı olarak Şekil 6'da görülmektedir.



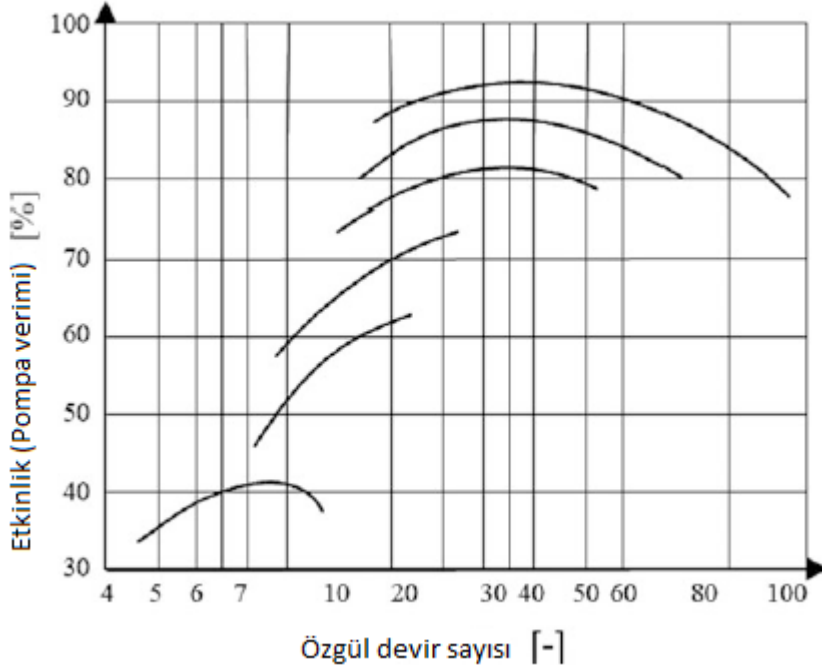
Şekil 6. (Üç fazlı asenkron motorlarda yüklenme oranı ve anma gücüne göre enerji kullanım etkinliği değerlerinin değişimi (Blesl ve Kessler, 2021))

Şekil 6'da yer alan eğrilerin incelenmesi, asenkron elektrik motorlarının enerji kullanım etkinliğinin %75 yüklenme oranından itibaren anma etkinlik (%100 verimlilik) değerine çok yaklaştığını göstermektedir. Bu durum üç fazlı asenkron motorların optimum yüklenme oranının %75-100 aralığında olduğunu ifade etmektedir. Diğer yandan bu motorların %50'nin altındaki yüklenme koşullarında çalıştırılmasının ise düşük düzeyli enerji kullanım etkinliği nedeniyle uygun olmadığı grafik eğrilerinden izlenmektedir.

Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülerek kullanıldığı bir başka makine grubu ise pompalardır. Alışlagelmiş tasarıma sahip pompaların pek çoğu orta düzeyde enerji kullanım etkinliğine sahiptir ve bu makineler yaptıkları iş gereği uzun süreli olarak çalıştırılmak zorundadırlar. Böyle olunca

elektrik motoru-pompa eşleştirilmesinde (akuplasyonunda) sadece elektrik motorunun yüksek etkinlikte çalışması yeterli olmamakta, pompanın da aldığı enerjiyi yüksek oranda suya aktarması beklenmektedir.

Yüksek enerji kullanım etkinliği değerlerine sadece makinelerin işletme parametrelerinin optimize edilmesiyle ulaşılamayacağı açıktır. Yüksek enerji kullanım etkinliği elde etmenin temeli makinenin tasarım ve imalat süreçleriyle başlamakta ve işletilmesiyle devam etmektedir. Konunun önemi pompa örneğinde Şekil 7’de yer alan grafikten daha iyi anlaşılmaktadır.

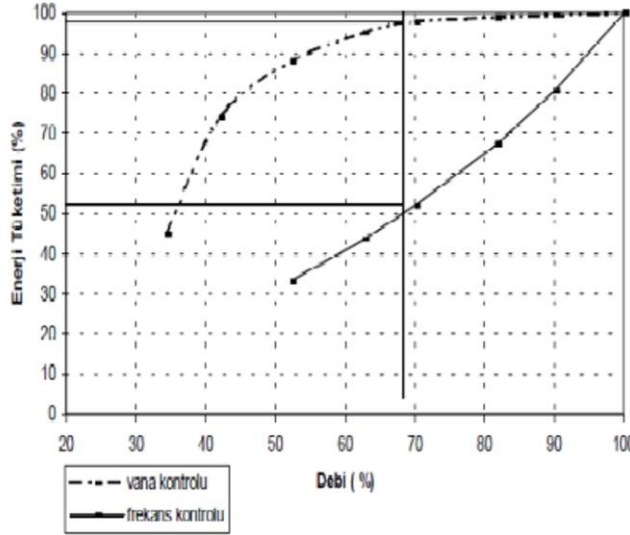


Şekil 7. Santrifüj pompalarda özgül devir sayısı ve kanat şekline bağlı olarak enerji kullanım etkinliği değerlerinin değişimi (Blesl ve Kessler, 2021)

Diğer yandan santrifüj pompalarda devir sayısına ($n_{1,2}$) bağlı debi ($Q_{1,2}$) ve güç ($P_{1,2}$) değişimi,

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2 \quad \text{ve} \quad P_1 / P_2 = (n_1 / n_2)^3 \quad (6)$$

eşitliklerine bağlı olduğundan; azalan debi ihtiyacı daha düşük pompa (dolayısıyla elektrik motoru) devriyle karşılanabilmektedir. Elektrik motorunun daha düşük devirde çalıştırılmasıyla şebekeden çekilen güç değeri de düşmekte ve böylece enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Debi kontrolünün bu yolla gerçekleştirilmesinde, motor statorunda döner manyetik alanı oluşturan elektrik akımının frekansı değiştirilerek devir sayısı ayarı sağlanabilmektedir. Bu şekildeki frekans kontrolüyle sağlanan debi denetiminin alışlagelmiş yöntem olan vana açıklığı ayarına kıyasla enerji tüketimini nasıl etkilediği Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Solda santrifüj pompalarda debi kontrolünün vana veya frekans denetimli olarak yapılması durumunda enerji tüketiminin değişimi (Karaca, 2012).

5. KAYIP VE KAÇAKLARIN AZALTILMASIYLA ENERJİ TASARRUFU SAĞLANMASI

Elektrik motoru kullanımında reaktif (kör) güç dengelemesi (kompanzasyonu) da enerji verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Çünkü reaktif güç dengelemesi, aynı yükün daha az akımla beslenmesine olanak sağlamaktadır.

Alevle ısıtma etkisi sağlayan (yakıcı) ısıtma cihazları ve makineleri (kombi, kalorifer kazanı vb) konut ve iş yerlerinin yanında seralar ve hayvan barınakları gibi tarımsal üretim ortamlarında da kullanılabilir. Bu tip makinelerin enerji dönüşüm etkinliğinin yüksek olması yönünden en önemli iki özelliği, yoğunmalı olmalarının yanında alev ayar olanağına (modülasyon) sahip bulunmalarıdır. Alev modülasyonu, ayarlanan termostat sıcaklığına (ısıtma yüküne) bağlı olarak alev yüksekliğinin kontrol edilmesidir. Bu yolla ısıtıcı makinenin gereksiz gaz yakması önlenerek düşük işletme sıcaklığı değerlerinde tasarruf sağlanabilmektedir. Alev modülasyonu, ısıtılacak yerlere yerleştirilen modülasyonlu oda termostatları kullanılarak da gerçekleştirilebilmektedir (Karakoç, 2006).

Gerek tarım sektöründe gerekse sanayide, basınçlı akışkan (hava, su vb) kullanımının söz konusu olduğu sistemlerde bağlantı elemanlarının olduğu yerlerde kaçakların azaltılması, hava veya su yoluyla atılan ısıнын geri kazanılıp değerlendirilmesi, ısı yalıtımının yapılması, camların yansıtıcı filmle kaplanması gibi uygulamalar, enerji tasarrufu yoluyla etkinliğin dolaylı olarak artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

6. SONUÇ

Enerji kullanım etkinliğinin artırılması, enerjiyi dönüştüren veya aktaran makinelerin verimliliğine büyük oranda bağlıdır. Teknikte motor veya güç makinesi adıyla anılan enerji dönüşüm sistemleri, dönüşümün çıktısı olan enerjiyi iş makinesine aktarmakta ve bunlarla faydalı iş yapılmasını sağlamaktadırlar. Güç makinesi ile iş makinesinin uyumu (traktör+ekipman, elektrik motoru+pompa eşleştirmesi gibi) yüklenme oranının düzeyiyle ifade edilen bir verimlilik ölçütü oluşturmaktadır. Yüklenme oranının düzeyi, her güç makinesi için ayrı ayrı ifade edilebilecek optimum değerlere sahip olmaktadır. Yüklenme oranında optimum değerlere ulaşılmasıyla elde edilen maksimum enerji etkinliği düzeyinin, periyodik veya kestirimci bakım uygulamalarıyla sürekli hale getirilebileceği her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2015). Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği. T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara.
- Beecher, J. A., ve Kalmbach, J. A. (2012). Climate change and energy. In: U.S. National Climate Assessment Midwest Technical Input Report. http://glisa.msu.edu/docs/NCA/MTIT_Energy.pdf.
- Blesl, M., ve Kessler, A. (2021). *Energy Efficiency in Industry*. Springer-Verlag GmbH, Germany.
- Cavlak, H. (2021). Etkinlik, Etkililik, Verimlilik, Kârlılık, Performans: Kavramsal Bir Çerçeve ve Karşılaştırma. *Journal of Research in Business*, 6(1): 99-126.
- Cronin, J., Anandarajah, G., ve Dessens, O. (2018). Climate change impacts on the energy system: a review of trends and gaps. *Climatic Change* 151, 79-93. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2265-4>.
- DEK-TMK, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2012). *Enerji Raporu 2012*. ISSN: 1301-6318, Ankara.
- Eguiarte, O., Garrido-Marijuán, A., De Agustín-Camacho, P., Del Portillo, L., ve Romero-Amorrortu, A. (2020). Energy, Environmental and Economic Analysis of Air-to-Air Heat Pumps as an Alternative to Heating Electrification in Europe. *Energies*, 2020, 13, 3939.
- Esen, G. K. (2015). Türkiye ve Dünyada Elektrik Motorları Enerji Tüketimi ve İlgili Teknik Mevzuat. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Sakarya.
- Hunt, D., ve Wilson, D. (2016). *Farm Power and Machinery Management*. Waveland Press, Inc., Illinois.
- IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). Climate Change Widespread, Rapid, and Intensifying. – The Intergovernmental Panel on Climate Change Report 12p.
- Karaca, M. (2012). *Değişken Devirli Sirkülasyon Pompalarında Enerji Verimliliği*. İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karakoç, T.H. (2006). *DGT Doğal Gaz Tesisatı*. Demirdöküm Teknik Yayınları No: 10, İstanbul.
- Kasap, A., Özgüven, M.M., ve Fiat, S. (2012). Biyoyakıtlar ve önemi. *Agroworld Tarım Dünyası*, Mayıs-Haziran 2012, Sayı 9: 44-46.
- Kılış, B. (2024). Exergy-Based Slow-City/Agriculture Mechanization with Circular Hydrogen and Renewable Energy Systems. In: Cavallo, E., Auat Cheein, F., Marinello, F., Saçılık, K., Muthukumarappan, K., Abhilash, P.C. (eds) 15th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy in Agriculture. ANKAgEng 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 458. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51579-8_12.
- Onurbaş Avcıoğlu, A., Türker, U., Demirel Atasoy, Z., ve Koçtürk, D. (2011). Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler- Biyoyakıtlar. (Editör: Onurbaş Avcıoğlu, A.) Nobel Yayınları, Ankara.
- Ozguven, M.M., ve Bilgili, M. E. (2023). The Effect Of Climate Change On Agricultural Production. *Quantum Journal of Engineering, Science and Technology*. 4(3), 29–37. Retrieved from <https://www.qjoest.com/index.php/qjoest/article/view/117>.
- Sanford, S., ve Go, A. (2022). *Energy Efficiency-Equipment Use and Installation*. Regional Perspectives on Farm Energy, Springer-Verlag GmbH, Germany.
- Tarrant International (2024). <https://www.tarrantinternational.com/environmental-policy/>

- TÜİK. 2023. Seragazi Emisyon İstatistikleri, 1990 – 2021. Haber Bülteni. Sayı: 49672.
- Ünal, C. (2021). Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği 2021 Yılında AB Ülkelerinde Yürürlüğe Girecek Düzenlemeler ve Türkiye'de Yapılanlar. Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- Wyokinski, M., Domagala, J., Gromada, A., Golonko, M., ve Trebska, P. (2020). Economic and Energy Efficiency of Agriculture. *Agricultural Economics-Czech*, 66, 2020 (8): 355-364.
- Vatandaş, M., ve Ekmekci, K. (2002). Traktör Motorlarında Egzos Gazı Kirliliği ve Yakıt Ekonomisi Optimizasyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(2): 140-142.
- Yavuzcan, G., Aygöl, A., ve Vatandaş, M., (1990). Yüklenme Derecesi Artırılarak Yakıt Tasarrufu Sağlanabilir mi ? *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 23 (270): 23.
- Yavuzcan, G., ve Vatandaş, M. (1991). Makineli Tarımda Enerji Transformasyonu. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 24 (285): 48.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

The increase in the use of fossil fuels first among the causes of climate change, which is described as the major environmental problem of our age. Because a large portion of the amount of CO₂, which is the most important greenhouse gas, comes from the burning of fossil fuels. Greenhouse gas emissions resulting from the use of fossil fuels, especially in energy production and consumption, lead to climate change and environmental problems. For this reason, it is necessary to increase the energy obtained from renewable energy sources, defined as clean energy, and to increase energy efficiency in the use of existing technologies. In this study, measures that can be taken to increase energy efficiency in agricultural production are explained.

Methodology

The issues to be considered and the measures to be taken in order to ensure energy efficiency during agricultural production are explained under headings.

Results and Conclusions

Increasing energy use efficiency is highly dependent on the efficiency of the machines that convert or transfer energy. Energy conversion systems, technically known as engines or power machines, transfer the energy that is the output of the conversion to the work machine and enable useful work to be done with it. The compatibility of the power machine and the work machine (such as tractor + equipment, electric motor + pump matching) creates an efficiency criterion expressed by the level of the loading rate. The level of the loading rate has optimum values that can be expressed separately for each power machine. It should always be taken into consideration that the maximum energy efficiency level achieved by reaching optimum values at the loading rate can be made permanent through periodic or predictive maintenance applications.

Yazarların Biyografisi



Mustafa VATANDAŞ

1985 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda 1987 yılında yüksek lisans eğitimini, 1990 yılında ise doktora eğitimini tamamladı. 2002 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümüne Profesör olarak atandı. Halen aynı bölümde görev yapmaktadır. Tarımsal elektrifikasyon, Tarım makinaları işletmeciliği, Tarımsal otomasyon konularında çalışmaktadır. Adres: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 06135, Ankara, Türkiye. Tel: +90 312 596 1664.

İletişim

Mustafa.Vatandas@ankara.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-6733-4943>



Mehmet Metin ÖZGÜVEN

1997 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda 2000 yılında yüksek lisans eğitimini, 2009 yılında ise doktora eğitimini tamamladı. 2021 yılında Biyosistem Mühendisliği Bilim Alanında Üniversite Doçenti unvan ve yetkisini aldı. Halen Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Hassas tarım, Akıllı-dijital tarım, Tarımda bilgi teknolojileri konularında çalışmaktadır. Adres: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 06135, Ankara, Türkiye. Tel: +90 312 596 1576.

İletişim

mmozguven@ankara.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-6421-4804>