



jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

ISSN: 1302-7050
e-ISSN: 2146-5894

**Issue: 4
Volume: 18
2021**



jotaf

Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Cilt / Volume 18

Sayı / Issue 4

Aralık / December 2021

Owner (On Behalf of Faculty)	Sezen ARAT Tekirdag Namik Kemal University
Editor-in-Chef	Fulya TAN Tekirdag Namik Kemal University
Editorial Management	Ersen OKUR, Tekirdag Namik Kemal University Eray ÖNLER, Tekirdag Namik Kemal University
Section Editors	Fatih KONUKÇU, Tekirdag Namik Kemal University Aydın ADILOĐLU, Tekirdag Namik Kemal University H. Ersin ŐAMLI, Tekirdag Namik Kemal University Glen ÖZDEMİR, Tekirdag Namik Kemal University Süreyya ALTINTAŐ, Tekirdag Namik Kemal University İlker NİZAM, Tekirdag Namik Kemal University H. Murat VELİOĞLU, Tekirdag Namik Kemal University A. Őkr DEMİRI, Tekirdag Namik Kemal University Nihal KILIÇ, Tekirdag Namik Kemal University M. Recai DURGUT, Tekirdag Namik Kemal University
Editorial Adviser Board	AyŐe GÜL, Ege University Jim HANCOCK, Michigan State University Nasser MAHNA, University of Tabriz Bryan M. JENKIS, California University Peter KISS, Szent Istvan University Ali İhsan ACAR, Ankara University Hristo I. BELOEV, Ruse University Necdet DAĐDELEN, Adnan Menderes University nal KIZIL, Çanakkale Onsekiz Mart University Manzoor QADIR, United Nations University Mohammad T. SATTARI, University of Tabriz Erol BAYHAN, Dicle University Mammadova TURANE, Azerbaijan State Agrarian University Mammadova AYTEKİN, Azerbaijan State Agricultural University Gamze SANER, Ege University Mariana IVANOVA, Agribusiness and Rural Development University Alberto POMPO, El Colegio de la Frontera Norte Eugenia BEZIRTZOGLU, Thrace University Muhammet ARICI, Yıldız Teknik University Atilla YETİŐEMİYEN, Ankara University Nermina SPAHO, Sarajevo University Tuđrul GİRAY, Puerto Rico University Mehdi RAHİMİ, Graduate University of Advanced Technology M.RüŐtü KARAMAN, Afyon Kocatepe University Josef GORRES, Vermont University Christina YANCHEVA, Agriculture University Cafer Sırrı SEVİMAY, Ankara University Abdurrahim Tanju GKSY, Bursa Uludağ University Nurettin TAHSİN, Agriculture University János PAUK, Szent István University Ramazan DOĞAN, Bursa Uludağ University Grsel DELLAL, Ankara University Horia GROSU, Agr. Sciences and Veterinary Medicine University Türker SAVAŐ, Çanakkale Onsekiz Mart University Ignacy MISZTAL, Breeding and Genetics University Zlatko JANJEI, Zagreb University
Language Editor	Petru GOLBAN, Tekirdag Namik Kemal University
Statistics Editor	Yahya Tuncay TUNA, Tekirdag Namik Kemal University

jotaf



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050

e-ISSN:2146-5894

Yayın Tarihi / Publication Date

Aralık / December 2021

Yayıncı/Publisher

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture

Yayın Türü/Type of Publication

Uluslararası Süreli Yayın/International Periodical

Yayın Dili/Type of Language

Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

Yayın Periyodu/Publishing Period

Dört ayda bir Ocak, Mayıs ve Eylül aylarında yayımlanır
Triannual (January, May & September)

Tarandığı İndeksler/Indexed by

ESCI
TR DİZİN
ULAKBİM-Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi)
SCOPUS
AGRIS/CARIS (FAO-AGRIS veri tabanı)
CABI
EBSCO
ProQuest

İletişim/Correspondence

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Telefon

+90 282 250 20 00/22 70

Web

<http://jotaf.nku.edu.tr>
(jotaf-en.nku.edu.tr)
dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf
(dergipark.org.tr/en/pub/jotaf)

Elektronik posta/E-mail

ziraatdergi@nku.edu.tr

ftan@nku.edu.tr

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir.
Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty is the official peer-reviewed, international journal of Tekirdağ Namık Kemal University Agricultural Faculty. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

jotaf

Address: Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty/ Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdağ Namık Kemal University, Agricultural Faculty
59030, Değirmenaltı – Tekirdağ / TURKEY



jotaf

Journal of Tekirdağ
Agricultural Faculty

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi



ISSN:1302-7050 e-ISSN:2146-5894

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Changing Scenario of Crop Diversification in Nepal: Delineating The Role of Trade Openness, Urbanization and Rural Infrastructure 599-612
Bidyut Kumar GHOSH
- Detection of Vortex Cavitation With The Method Adaptive Neural Fuzzy Networks in the Deep Well Pumps..... 613-624
Akif DURDU, Seyit Alperen ÇELTEK, Nuri ORHAN
- What Impact of Social Networks on Farmers' Performances; Case of The Milk Sector in Ghardaïa, Algeria 625-635
Manal NECHAR, Sami ASSASSI, Mohammed BENDRISSOU
- Kirece Bir Alternatif Olarak Şlam Uygulamasının Asit Reaksiyonlu Toprakta Biber
(Capsicum annuum var. Cerasiforme) Bitkisinin Beslenmesine Etkileri..... 636-648
Bülent YAĞMUR, Bülent OKUR, Nur OKUR
- Yoğun Sulama Uygulamalarının Taban Suyu Kalitesi ve Derinlikleri Üzerine Olan Zamansal ve Mekansal Etkilerinin Değerlendirilmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği 649-659
Mahmut ÇETİN, Harun KAMAN, Sertan SESVEREN
- Santrifüj Gübre Dağıtma Makinesinde İki Farklı Tahrik Sisteminin Karşılaştırılması 660-674
Cengiz MERT, Ali AYBEK, Hamza KUZU
- Creating a Solar Radiation Measuring System (SRMS) Operated by a Programmable Logic Controller (PLC) 675-688
Selçuk USTA, Cafer GENÇOĞLAN, Serpil GENÇOĞLAN
- Antep Fıstığı Kabağı ve Zeytin Küspesinden Biyoyakıt Amaçlı Pelet Elde Edilmesi 689-701
Hatice Cansu DEVELİ, Ali AYBEK, Serdar ÜÇÖK
- Marjinal Arazi Koşulları ve Ekim Zamanının Mentha × piperita'nın Verim ve Kalitesine Etkileri 702-717
Amir SOLTANBEİĞİ, Menşure ÖZGÜVEN
- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Analitik Hiyerarşi Prosesiyle (AHP) Organik Gübre Üretim Tesisi Uygunluk Analizi: Tekirdağ İli Örneği 718-729
Burak GÜRKAN, Bengisu ÖDEKER, Hikmet KATIRCIOĞLU
- Yield and Yield Components of White Lupine Under Different Ecological Conditions 730-738
Vivien PÁL, Oqba BASAL, Zsuzsa ERDŐS, Szilvia VERES, László ZSOMBÍK
- Comparison of Blue Basin Traps on Capturing The Adults of Tropinota hirta (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) at Three Different Heights in Cherry Orchards 739-747
Ali ÖZPINAR, Ali Kürşat ŞAHİN, Burak POLAT

jotaf

Changing Scenario of Crop Diversification in Nepal: Delineating The Role of Trade Openness, Urbanization and Rural Infrastructure

Bidyut Kumar Ghosh

Abstract

Crop diversification in the farming sectors has been accepted to be a wise strategy for augmenting the farmers' income level as well as for mitigating the challenges for climatic change worldwide. Considering the importance of crop diversification both from the view points of farmers and environmental aspects, this paper using the secondary data tries to find out the pattern of growth of area, production, and yield of the major crops in Nepal, and at the same time, it makes an attempt to examine the crop pattern changes in Nepal along with its determining factors including both demand and supply-side factors. The growth analysis reveals that for most of the crops the second sub-period of 1986 – 2007 was the best in terms of the growth of production as compared to the other two-subperiods (1961 – 1985 and 2008 – 2017). The crop pattern of Nepal over the years shows that though the food grain crops still dominate the crop mix of the economy, there is clear evidence of necessary intercrop substitution where the traditional food grain crops are being replaced by commercial cash crops. Tea has come up with a big way in Nepal commercial cash crop production. Also, the crop diversification indices measured by the Herfindahl index and Shannon index, show a rising trend in diversification pattern during the nineties. Urbanization, better infrastructural supports in terms of better technology, irrigation coverage has been found to provide a significant positive impact on the diversification process. However, the trade openness is not found to be beneficial for Nepal's agricultural sector diversification process as does the policy reforms in the post-political reforms.

Keywords: Crop diversification, Trade openness, Infrastructure, Urbanization, Growth, Beta regression

¹ **Corresponding Author:** Bidyut Kumar Ghosh, Department of Commerce, Manipal Academy of Higher Education, Manipal, India. E-mail: bidyutbwn@gmail.com  OrcID: 0000-0002-7835-8171.

Atıf/Citation: Ghosh B.K., Changing Scenario of Crop Diversification in Nepal: Delineating the Role of Trade Openness, Urbanization and Rural Infrastructure. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 599-612

1. Introduction

Though the share of agriculture, forestry, and fishing to the Gross Domestic Product (GDP) of Nepal has been reducing continuously since time long, still the sector holds the backbone of the Nepalese economy. According to the World Bank, the share of this sector has decreased from 64.58 % in 1965 to 48.85 % in 1985, further to 38.24 % in 2000, and finally reached 25 % in 2018. However, rural economy vis-à-vis the agriculture sector is predominant of economic activities and has the potential to provide stable and productive jobs to the people of Nepal. As it is evident from the International Labour Force (ILO) data that the agricultural sector remains the largest employer to the country's labor force as 82.33 % of the labor force was employed in this sector in 1991, 75.68 % in 2000 and 70.1 % in 2018. .

Of late, the climatic changes through the rising mean temperature has also become a significant cause of concern for raising the agricultural gross domestic product (Acharya and Bhatta, 2013). So, it has been perceived by the agricultural economists that "crop diversification can be one of the most ecologically feasible, cost-effective, and rational ways of reducing uncertainties in agriculture especially among smallholder farmers" (Joshi et al., 2004). It has been argued that the shift of crop mix towards the high valued crops will eventually lead to more income for the farmers if the crops are ensured reasonable market prices as most of these crops are of high yielding varieties. For achieving a sustainable agricultural practices concerning the global climatic changes and for reducing the negative effects, policies should include crop and enterprise diversification, land and water management, and livestock management (Wall and Smith, 2005).

"A proper and scientific crop mixtures are mostly like to work by increasing natural enemies of insect pests, breaking the disease cycles, suppressing weeds and volunteer crop plants thereby creating a dilution effect by reducing resource concentration and modification of the microenvironment within the crop canopy and or making pest and diseases pathogen penetration more difficult" (Lin, 2011; Shoffner and Tooker, 2013).

All of these factors are supply-side factors. Coming to the demand side factors, the first essential is the food habit of people. The food habits of the people should also be changed to create enough marketing potentials for these new crops. The food habits of the people have also been changing gradually due to globalization as there were significant shifts in the diet of the people of low- and middle-income countries toward increased refined carbohydrates added sweeteners, edible oils, and animal-source foods and reduced legumes, other vegetables, and fruits (Popkin, 2015). These are all considered as the commercial cash crops from the farmers' viewpoint and have the potential to generate more revenues for the farmers. So, changing the food habits of the people can also give rise to the demand for diversified cropping patterns.

In the farming sector, diversification can take place either through area amplification or by crop substitution. Nepal¹ is located mainly in the Himalayas but also includes parts of Indo-Gangetic Plain. It is a landlocked country that borders China in the north and India in the south, east, and west. The Himalaya, high hills, mid-hills, Siwalik and Terai, are the five main geographic divisions of Nepal. Although agriculture is the prime occupation of the majority of the population (83 percent of population relies on agriculture), it is mostly dominated by marginal & small farms (less than one hectare) and operates at the low economies of scale (Central Bureau of Statistics, 2013). Around 40 % of agricultural households have less than 0.5 hectares and 26 % have between 0.5 and 1.0 hectares. The average size of landholding is 1.3 hectares in lowland and 0.9 hectares in the hilly region. Besides, it is challenging for the farmers with possession of fewer than 0.5 hectares of land to meet the food requirement of a family with the above five members (Rapsomanikis, 2015). The Nepal government has decided to expand "The Prime Minister Agriculture Modernization Project " and grants are decided to provide improved seeds and plants of tea, coffee, cardamom, areca nuts, potato, banana, and lemon and is allocated 4.77 billion to execute this project effectively. The government of Nepal has allocated 33.71 billion for the agricultural sector for the fiscal year (2015-16) which is a 39.29 % increase in agricultural budget from the previous year (MOF, 2018). Similarly, rural poverty can be reduced by increasing yields and enhancing the productivity of agricultural labor (Cervantes-Godoy and Dewbre, 2010). Farmers in Nepal face problems in marketing and commercializing their products due to lack of market facility, lack of transportation, and credit facility. Though most of the farmers in Nepal produce basic staple grains where about 82 % of cultivated land is planted with cereal crops (Nepal Agricultural Research

¹ Officially known as Federal Democratic Republic of Nepal

Council, 1995), there have been steady growths in the share of the commercial cash crops in the crop mix of the country during the last 2-3 decades. For instance, the area under rice cultivation has increased steadily from 1368420 hectares in 1994 to 1549447 hectares in 2006 afterward it has been fluctuating continuously and settled at 1362908 hectares in 2016. In contrast to this, the area under fresh fruits has been rising steadily since the last decades – 12160 hectares in 1995 to 17474 hectares in 2002 and further went up to 27122 in 2017. Similarly, the area under fresh vegetables has been rising very steadily even without any fluctuations in its cultivated area – 122012 hectares in 1991 to 229761 hectares in 2009 and finally reached at 289961 hectares in 2016.

There is plenty of literature on the specific issue of crop diversification at all levels of study – local level (using farm-level data), national level, and international level. As the current research does not cover any farm-level data, the review of literature will not consider the crop diversification at the farm level; rather, it will find only the macro level (national and international level) crop diversification.

The south Asian countries are gradually diversifying with some inter-country variation in favor of “high-value commodities, namely, fruits, vegetables, livestock, and fisheries” (Joshi et al, 2003). They have also argued that the diversification process is strongly influenced by price policy, infrastructural development, urbanization, and technological improvements. Agricultural diversification is also contributing to employment opportunities in agriculture and increasing exports. Reforms in developing and strengthening desired institutions through required legal changes would go a long way in boosting agricultural growth through these diversified agricultural practices which in turn will augment the income of small farm holders and promote exports.

The practice of agricultural policy of staple food self-sufficiency being the cornerstone of agricultural policy in most of the developing countries has become increasingly obsolete with the pace of economic growth (Dorjee et al., 2003). In South Asia, the share of cereals in agricultural output has remained unchanged; however, the share of cereals in consumption has declined markedly due to inappropriate government price support policies and associated institutions for cereals in some countries. The main identified factors which are acting as constraints in the process of diversifying agricultural crop mix were the size of markets and price risks, soil suitability and land rights, the availability and quality of irrigation infrastructure, and the availability and cost of labor (Dorjee et al., 2003). This has also been supported by De (De, 2003) and De and Chattopadhyay (De and Chattopadhyay, 2010) in the context of explaining the increasing importance of irrigation and technology in the phenomenal growth of commercial crops such as potato in the West Bengal province of India.

Due to its climatic conditions and food habits of the Nepalese people, rice is the main dominant crop both in the terai (plains) and hills followed by wheat, maize, and potato. It is true both for irrigated and non-irrigated areas. However, in the mountains of the country, maize and vegetables are taking the dominant crop shares (Sharma, 2020). The Agriculture Perspective Plan (APP) is a 20-year plan on which the whole agricultural strategy of the country lies. The main objectives of APP are to reduce poverty by 35 % over 20 years; and to increase the rate of growth of agricultural GDP from the current low level of 3 % per annum to about 5 %, thereby using agriculture as the growth engine for the rest of the economy. The government has established a strategy for implementation of the APP, such as the pocket package strategy, and GO-NGO-Private sector partnership, etc. Pockets of commercially available commodities will be developed and a suitable package of technologies will be provided.

One of the primary objectives of the Agriculture Perspective Plan (APP) is to reduce the poverty level by increasing the growth rate of agricultural GDP of the country and crop diversification has been a significant thrust engine for the long-term plan. Sharma (2020) has also pointed out some significant constraints in terms of policies, infrastructural, and institutional factors that act as the main bottlenecks for agricultural diversification in Nepal.

Despite several obstacles, there has been a rightward shift in favor of high-value crops between 1995 and 2004 and between 2004 and 2010, respectively (Thapa et al., 2017). They have identified that female-headed households, caste, mother's education, net-buyer status, urban region, remittance, farm size, kitchen garden, improved seeds, telephone, and refrigerator have a positive impact on the agricultural diversification and diversification, in turn, has a positive impact on raising the farmers per capita consumption of the farmers.

Diversification of cropping patterns has also been very crucial from the adaptive viewpoint concerning the climatic change (Bradshaw et al., 2004; Ellen and Barry, 2005; Kishore et al., 2018).

Furthermore, international trade openness through the liberalization of agricultural trade might have some impact on crop diversification. In fact, during the mid-nineties, the differences between domestic and international prices were significantly high in many developing countries like India which helped to concentrate on 'high value' crops such as fruits and vegetables (Jha et al., 2009). However, there is a great deal of debate about whether liberalized agricultural trade will lead to increased crop diversity (Fraser, 2006). There can be both beneficial and detrimental effects of the trade liberalization on agricultural biological diversity. Non-availability of appropriate data and methodological problems make it further challenging to prescribe robust empirical assessments of the direction of the overall outcome (Secretariat of the Convention on Biological, 2005).

So, the rural household diversification vis-à-vis agricultural crop diversification seems to be an engine for enhancing the farmer's income base as well as can be used as an alternative strategy to cope up with the climatic change. Along with the natural geographical advantages, some economic and institutional factors such as irrigation facilities, technological innovation through the method of cultivation, improved seeds, urbanization, farm size, foreign aid, trade liberalization, better communication, etc. might have essential bearings on diversifying the cropping pattern (Thapa et al., 2017).

Thus, agricultural crop diversification is essentially an outcome of several socio-economic and technological factors which are also interlinked to each other and thereby giving rise to some significant direction to the crop mix of an economy. Also, the direction and strength of the effect of all such factors depend on the level of economic development achieved by the country. Under these backdrops, this paper deals with the behavior of cropping pattern changes in Nepal from 1960 to 2017. The specific objectives of the study are –

- (a) To examine the growth of agricultural crop over the different phases of economic and political conditions prevailing in Nepal;
- (b) To explore the nature of the changes in the crop diversification or specialization at the macro level; and
- (c) To identify the determining economic factors behind the changes in the crop mix of the farming sector of Nepal.

2. Materials and Methods

2.1 Data Source

The whole study is based on the secondary data for the period (1961 – 2017) and the data were collected and compiled from the Food and Agricultural Organisation² and Central Bureau of Statistics, Nepal.

2.2 Growth Decomposition by Kinked Exponential Method

For measuring the growth performances of the different crops and crop groups in Nepal, the whole period of 57 years has been divided into three sub-periods as sub-period I: 1961 to 1985, sub-period II: 1986 – 2007 and sub-period III: 2008 -2017. Sub-period I is the era of economic development under the policy of economic development through the state-controlled Five Years Plans. The second sub-period was capturing the Nepal economy when the policy of economic liberalization was introduced in the mid-1980s which was accelerated further with the start of the 1990s. Finally, the third sub-period is the mark of abolishing the monarchy and beginning of the journey as a federal republic state.

The simple kinked (double kinked) exponential growth model has been adopted for estimating the growth performance in the three different sub-periods.

Where;

$$\ln Q_t = a_1 + b_1 (D_{1t} + D_{2k_1} + D_{3k_1}) + b_2 (D_{2t} - D_{2k_1} - D_{3k_1} + D_{3k_2}) + b_3 (D_{3t} - D_{3k_2}) + u_t \quad (\text{Eq.1})$$

$D_1 = 1$, for the sub-period I

= 0, otherwise

² FAOSTAT

$D_2 = 1$, for the sub-period II
 = 0, otherwise

$D_3 = 1$, for the sub-period III
 = 0, otherwise

k_1 and k_2 are the first and second kink (break) points.

$\ln(Q_t)$ is the natural logarithm of the variable Q , and t denotes the time. The variable Q will measure the area, yield, and production of major crops (crop-groups) over the period 1961 – 2017.

In the above equation b_1, b_2 and b_3 are the growth rates for the first, second, and third sub-periods respectively. Estimating the trend break equation also tests the significance of the difference between the growth rates in two different sub-periods

$$\ln Q_t = a_1 + b_1 t + b_1^* (D_2 t - D_2 k_1 - D_3 k_1 + D_3 t) + b_2^* (D_3 t - D_3 k_2) + U_t \tag{Eq.2}$$

where b_1^* and b_2^* are the divergence between the first and second sub-period growth rates and the divergences between the third and second sub-period respectively.

2.3 Diversification Measures

For measuring the diversity in the crop mix in an economy, there are quite a few methods viz. Species Richness, Species Evenness, Entropy Index, Gini index, Herfindahl Index, Simpson Index, Shannon's diversity index, etc. The agricultural diversification in Nepal has been measured using both Shanon’s index and Herfindahl’s index.

Simpson's diversity index is defined as:

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2 \tag{Eq.3}$$

Now D is a measure of dominance, so as D increases, diversity decreases. Thus, Simpson’s index is usually considered as its complement $1-D$ (or sometimes $1/D$). Since D takes on values from zero to one and the measure (D) approaches one in the case of a monocropping system, $(1-D)$ provides a measure of diversity which is much less sensitive to a richness in species.

As $0 \leq D \leq 1$, with values close to zero correspondings to highly diverse or heterogeneous cropping patterns and values close to one corresponding to more homogeneous cropping pattern, it is more pragmatic to change the directional value of the index, taking it as $1- D$ instead as

$$\tilde{D} = 1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \tag{Eq.4}$$

This quantity is called by statisticians the index of diversity. So, a higher value is indicating greater diversification.

In Economics, virtually the same quantity is called the Hirschman-Herfindahl index (HHI).

Shannon's diversity index, simply the ecologist's name for the communication entropy introduced by Claude Shannon, is given as:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \tag{Eq.5}$$

Where p_i is the fraction of individuals belonging to the i th species. For a well-sampled population unit, we can estimate this proportion as $p_i = n_i / N$, where n_i is the number of individuals in species i and N is the total number

of individuals in the sample. Since by definition, the p_i will all be between zero and one, the natural log makes all of the terms of the summation negative, which is why we take the inverse of the sum.

Typical the index values lie between 1.5 and 3.5 in most cases in agricultural crop diversification measures, and the index is rarely greater than 4. The Shannon index increases as both the richness and the evenness of the sample increase. The incorporation of both components of diversity can be seen as a strength as well as a weakness. It is a strength because it provides a simple, synthetic summary, but it is a weakness because it makes it challenging to compare two cropping patterns that differ significantly in richness. Due to the confounding of richness and evenness in the Shannon index, many biodiversity researchers prefer to stick to two numbers for comparative studies, combining a direct estimate of species richness (the total number of species in the sample unit, S) with some measure of dominance or evenness. The most common dominance measure is the Simpson's index.

2.4 Determinants of Diversification

Next, to identify the driving force behind the diversification (or concentration), a multiple linear regression framework has been adopted.

$$DI_{HH} \text{ or } DI_{SH} = \beta_0 + \beta_1 \text{TECH} + \beta_2 \text{INFRA} + \beta_3 \text{POLICY} + \beta_4 \text{DEMAND} + \beta_5 \text{TRADE} \quad (\text{Eq.6})$$

The dependent variable is identified in two ways:

DI_{HH} is Herfindal's index of diversification and DI_{SH} is Shannon's diversification index.

The independent variables are identified as:

TECH stands for technological factors, INFRA portrays all infrastructural variables, POLICY stands for a vector of dummy variables indicating the major policy shift in the economy, DEMAND is demand-side variables and TRADE is a vector for international trade-related variables.

Based on the availability and usability of the data, the following variables were identified:

Fertilizer usage per hectare is taken as technological variables. For infrastructure (INFRA), irrigation coverage (% of actual cropped area irrigated) as a proxy for physical infrastructure is considered. For DEMAND, the urbanization rate (% of urban population to total population) is taken. Finally, for the trade openness (TRADE)(export + import/ gdp) is considered as liberalization of trade policy. The details specification of variables and their expected sign are given in the *Table 1* below:

Table 1. Possible determinants of diversification with desired directions of effects

Drivers	Variables	Units of measurement	Expected sign
TECH	Fertilizer usage	Tonnes of fertilizers used per hectare of Gross Cropped Area	+
INFRA	Irrigation coverage	Proportion irrigated are to the gross cropped area (%)	+
DEMAND	Urbanization	The proportion of the urban population to the total population (%)	+
TRADE	Trade openness	Share of export and import to the total GDP (%)	+/-
POLICY	Time dummies <i>Time dummy 1</i> <i>Time dummy 2</i>	<i>=1, for 2 nd sub-period</i> <i>=0, otherwise</i> <i>=1, for 3 nd sub-period</i> <i>=0, otherwise</i>	+/-
		The policy shift from a controlled economy to a global economy and of abolishing the monarchy for starting journey as a federal republic state.	

Source: Author's own

As the value of Herfindal's index lies between 0 and 1, it is not wise to use the Ordinary Least Squares Method (OLSM) to estimate the parameters of the model. The use of OLSM will produce inefficient estimates, especially when the Herfindahl Index value becomes clustered around the mean level meaning very fewer fluctuations in diversification over the years. Instead of that, beta regression has been used to estimate the parameters of the model. However, there is no such harm in applying the OLSM to estimate the parameters of the model, when the extent of diversification has been measured by Shannon's method as the index value will vary to a more considerable

extent (not restricted between 0 and 1). Thus, the same mathematical model has been estimated twice – one by beta regression method and the other OLSM.

3. Results and Discussion

3.1 Trends in crop area of major crops

The focus has been given on the area share of high-value crops to the total cropped area as an indicator of crop diversity given the importance of high-value crops and emphasis placed by the Nepal government on promoting high value and commercial crops. Table 2 illustrates the percentage of the area allocated to different crops in 1961, 1981, 1991, 2001, and 2017.

Table 2. Area shares of major crops over the years

Crops/Crop Groups	Percentage Share in Total Agricultural Land				
	1961	1981	1991	2001	2017
Rice	51.31	45.10	34.78	34.20	30.35
Maize	20.37	16.54	18.58	18.59	17.60
Wheat	5.18	13.63	14.60	14.45	14.39
Total pulses	8.16	9.36	6.73	6.44	6.48
Food grain crops	89.04	89.81	80.30	80.17	74.73
Oil crops	6.56	5.09	8.89	8.78	7.98
Root crops	2.31	2.20	2.79	3.41	4.48
Fibre Crops	1.41	1.81	0.39	0.28	0.17
Vegetable Crops	NA	NA	NA	0.13	0.38
Sugarcane	0.33	0.83	0.81	1.34	1.40

Source: Author's own

Major cereals (rice, maize and wheat) and pulses occupied a major share in the total agricultural land of the country. In 1961, these three top crops together accounted for 76.86 % of the entire agricultural land of the country while in 2001, the share decreased to 67.24 % in 2001 and 62.34 % in 2017. The relative area under rice cultivation has been continuously decreased over the period 2001 to 2016, the areas under the other major food grain crop viz. maize has been showing a marginal fall in its relative area share while wheat has a sharp increase in relative area gain from 5.18% in 1961 to 13.63% in 1981 and thereafter remained stagnant at that level for the subsequent time points.

The cropping pattern was found to be dominated mostly by the food grain crops. However, some transition has also been observed first in 1991 and second in 2017 when the food grain crops have lost their acreage to other non-food grain crops. For instance, the area under the root crops and vegetables (high-value crops) have been found to gain their area shares in the total agricultural land significantly at the end of the study period (2017). This area expansion under food grain crops is quite expected to feed the 2.93 crores people of Nepal. But there has been some intercrop substitution as the area under rice being taken away by other food grain crops (mainly wheat) and other non-food grain crops. At the same time, it is also true that the choice of the Nepalese has also been widened especially during the last decade as the area allocation under vegetable crops and root crops have been almost doubled during the same period. Also, the country has been producing and exporting tea recently. Before 2000, the tea industry was a Government monopoly and Nepal's tea exports accounted for only about 100 – 150 tons per annum. However, due to the liberalization adopted nearly a decade ago, Nepal's tea industry witnessed an exponential rise in tea exports, accounting for almost 4,000 – 5,000 tons per annum. At present, Nepal produces 24.653 million tonnes of tea per annum on an area of 28,522 hectares.

The following Figure 1 shows the area allocation of different food grain crops in Nepal during the period 1961 to 2017. Rice, the main food grain crop, has increased steadily up to 1990 and afterward it shows a declining trend until 1995. Though it started regaining its position during the late nineties, overall, it was showing the absolute decline in the area in the recent past. The other two food grain crops viz. wheat and maize have shown a continuous increase in the area of cultivation over the years. However, their relative shares are not so high as compared to rice. The area under pulses which is considered to be the primary source of protein especially for poor economies like Nepal remained stagnant for many years. It has been a significant concern as the percentage of children under

five years of age who are stunted (%) is very high in Nepal (57.1 %, 49.3 %, and 35.8 % respectively in 2001, 2014 and 2016, FAO). Also, due to this, the import of pulses both in value and quantity terms is quite alarming (Figure 2).

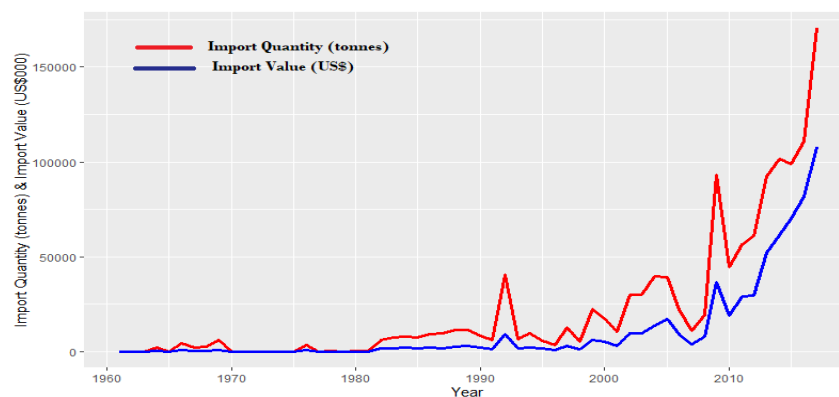


Figure 1. Import of pulses both in quantity and values terms over the years (Source: Author's own)

Coming to the area allocations under the non-foodgrain crops, almost all the major non-food grain crops (except the fiber crops) have witnessed steady growth over the years. The oil crops and tea have started to grow since the mid-eighties and nineties, respectively. Thus, it has been observed that the relative area allocations of the food grain crops have either remained stagnant or started decreasing while the area under most of the non-food grain crops has shown a huge increasing trend since the last two-three decades.

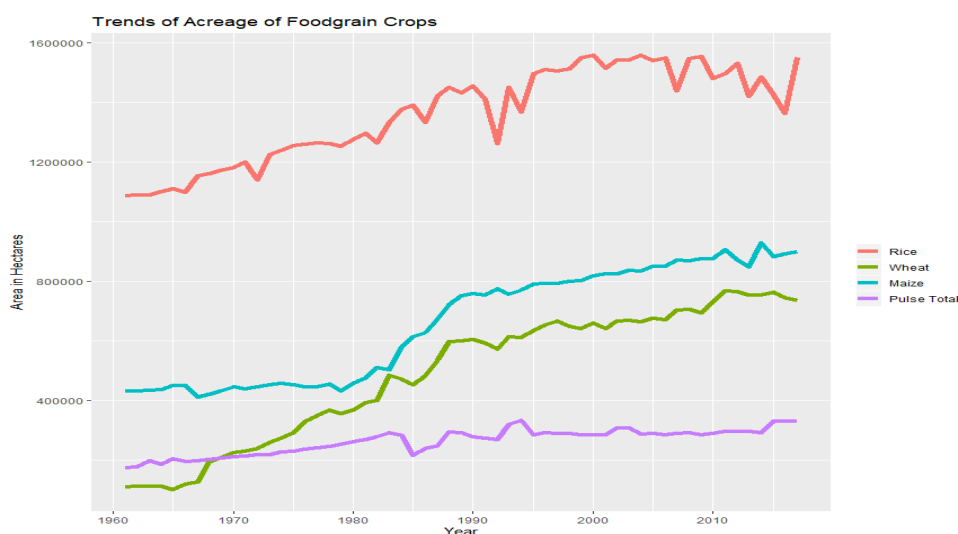


Figure 2. Trends in Foodgrain Crops in Nepal (Source: Author's own)

3.2 Decomposition of Production Growth of Major Crops into Area and Yields Components

Further, these changes in the area allocations of different competitive crops along with their yield rates might have some significant impact on the production of these crops. To examine the effect of both area and yield growths on the production growth of the major crops, the simple individual crops decomposition scheme has been applied by dividing the whole period of 1961 – 2017 into three different sub-periods, as mentioned in the methodological section. The exponential growth rates of production, area, and yield of the major crop/crop groups have also been calculated for all the sub-periods along with their trend break differences and reported in Tables 3, 4, and 5.

Table 3. Exponential Growth Rates of Production Major Crops in different sub-periods

Crops	Sub-period I	Sub-period II	Sub-period III	First trend difference	Second trend difference	R-squared	D.W. statistic
Rice	1.21 (5.834)	2.32 (10.418)	0.67 (0.872)	1.11 (2.87)	-1.65 (-1.797)	0.89	1.81
Wheat	6.99 (34.914)	3.70 (17.274)	2.56 (3.445)	-2.28 (-8.852)	-1.14 (-1.296)	0.98	1.38
Maize	0.32 (0.71)	3.70 (7.491)	1.91 (1.426)	3.38 (4.059)	-1.79 (-1.084)	0.56	2.37
Pulses	2.20* (11.293)	2.22* (10.497)	4.17* (6.145)	2.697e-04 (0.074)	1.944e-02** (2.381)	0.98	1.94
Oilseeds	3.17* (3.381)	3.65* (3.45)	2.16* (3.78)	0.48 (0.785)	-1.48 (-0.34)	0.44	1.95
Roots & Tubers	2.72* (6.567)	7.01* (14.841)	2.59* (1.891)	4.29* (5.347)	-4.43* (-2.645)	0.98	2.06
Fiber crops	-0.80 (-0.463)	-4.25** (-2.181)	1.47 (0.213)	-3.45 (-1.062)	5.73 (0.714)	0.87	1.99
Vegetables	8.85* (32.884)	5.25* (17.749)	5.30* (5.928)	-3.60* (-7.128)	0.05 (0.043)	0.98	2.15
Sugarcane	7.28* (13.487)	6.83* (11.597)	0.77 (0.414)	-0.44 (0.438)	-6.07* (-2.709)	0.96	2.11
Tea	10.51* (6.644)	12.54* (15.127)	5.41** (2.555)	2.03 (0.944)	-7.13** (-2.694)	0.94	1.93

Source: Author's estimation * means significant at 1% level of significance & ** means significant at 5% level of significance.

Table 4. Exponential Growth Rates of Area Under Major Crops

Crops	Sub-period I	Sub-period II	Sub-period III	First trend difference	Second trend difference	R-squared	D.W. statistic
Rice	1.02* (14.018)	0.56* (7.164)	-1.01* (-3.747)	-0.46* (-3.422)	-1.57* (-4.896)	0.91	1.82
Wheat	6.66* (16.281)	1.14** (2.503)	0.50 (0.40)	-5.52* (-7.182)	-0.64 (-0.411)	0.97	1.72
Maize	1.56* (3.163)	1.68* (3.083)	0.31 (0.298)	0.12 (0.139)	-1.37 (-1.041)	0.98	1.99
Pulses	1.78* (7.951)	0.13 (0.527)	2.38* (3.072)	-1.65* (-3.944)	2.25** (2.41)	0.98	1.73
Oilseeds	3.24* (2.834)	2.87** (2.244)	-6.28** (-2.064)	-0.36 (-0.173)	-9.15** (-2.392)	0.95	1.35
Roots & Tubers	2.64* (8.144)	3.58* (9.896)	2.64** (2.359)	0.94 (1.545)	-0.94 (-0.697)	0.98	2.04
Fiber crops	-0.12 (-0.04)	-9.78* (-2.997)	51.79* (7.051)	-9.66*** (-1.754)	61.58* (6.706)	0.77	1.42
Vegetables	8.10* (13.219)	3.66* (5.49)	-4.22*** (-1.974)	4.44* (-3.876)	-7.89* (-3.063)	0.90	1.35
Sugarcane	5.26* (11.363)	4.36* (8.694)	-4.50** (-2.711)	-0.91 (-1.05)	-8.86* (-4.459)	0.90	1.68
Tea	10.08 (1.12)	13.39* (3.004)	38.54* (3.118)	3.41 (0.281)	25.06 (1.639)	0.55	1.29

Source: Author's estimation

* means significant at 1% level of significance & ** means significant at 5% level of significance.

The growth estimates of the area, production and yield of major crops (crop-groups) show that the production growth of the most the crops (rice, wheat, maize, oilseeds, Roots & Tubers, sugarcane) have declined during the third sub-period as compared to the previous two sub-periods. Only pulses and fiber crop production growth have improved significantly during the third sub-period. For these two crops, the area expansion has been the main contributing factor for the improved growth rates during the third sub-period. As many as four crops (crop-groups) viz. rice, oilseeds, sugarcane, and vegetables, have shown negative growth in their area in the third sub-period. In terms of cash crops, only tea has emerged in a big way in recent times in Nepal with modest rates of growth in area expansion in all three sub-periods. The yield growth of tea was also impressive during the third sub-period compared to the other two. Among other crops, pulses and maize have shown some signs of improvement in their respective yield growth rates.

Table 5. Exponential Growth Rates of Yields of Major Crops

Crops	Sub-period I	Sub-period II	Sub-period III	First trend difference	Second trend difference	R-squared	D.W. statistic
Rice	0.20 (1.256)	1.77* (10.507)	1.68* (2.89)	1.57* (5.391)	-0.08 (-0.119)	0.87	1.73
Wheat	0.14 (0.527)	2.71* (9.3)	1.69*** (.821)	2.57* (5.142)	-1.02 (-0.916)	0.96	1.95
Maize	-1.42* (-14.848)	1.74* (16.967)	2.46* (6.918)	3.16* (17.806)	0.72*** (1.704)	0.96	1.70
Pulses	0.44* (3.399)	2.00* (14.238)	3.04* (6.665)	1.56* (6.466)	1.04*** (1.892)	0.98	2.05
Oilseeds	7.92e-06 (0.003)	9.04e-03* (3.374)	3.09e-02** (2.374)	9.03e-03*** (1.991)	2.185e-02 (1.498)	0.96	2.02
Roots & Tubers	8.896e-04 (0.404)	3.366e-02 (13.907)	4.34e-03 (0.591)	3.27 (7.934)	-2.93 (-3.29)	0.98	1.82
Fiber crops	0.12 (0.238)	0.87 (1.515)	-0.70 (-0.294)	0.75 (0.778)	-1.57 (-0.577)	0.96	2.14
Vegetables	0.61* (5.483)	2.14* (17.499)	1.73* (4.825)	1.53* (7.37)	-0.41 (-0.944)	0.98	1.97
Sugarcane	1.47** (2.242)	2.83* (3.86)	0.81 (0.448)	1.36 (1.11)	-2.03 (-0.897)	0.98	2.04
Tea	1.54 (0.395)	-3.74*** (-1.878)	2.37 (0.449)	-5.27 (-1.00)	6.11 (0.93)	0.80	1.81

Source: Author's estimation * means significant at 1% level of significance & ** means significant at 5% level of significance.

Thus, it is seen that the over the years some crop substitution has taken place in the farming sector of the country. Food grain crops (rice, wheat, maize, etc.) are being replaced by the commercial cash crops such as vegetables, fiber crops, vegetables, and plantation crops (tea) (Figure 3). Among the food grain crops, only pulses have shown improvement in the growth rates of production and area expansion is the main contributory factor. It is a good sign for the economy as a whole as pulses are relatively cheap sources of protein for the people of Nepal.

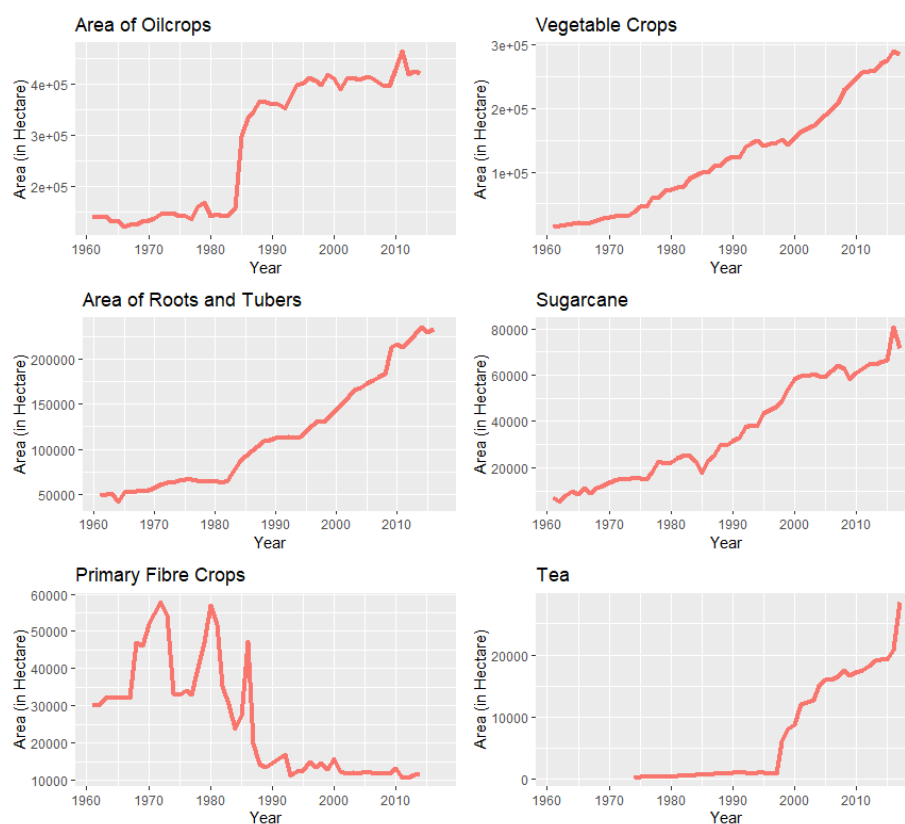


Figure 1. Area Growth of Different Crop in Nepal (Source: Author's calculation based on FAO data)

3.3 Changes in Crop Mix Pattern and its determinants

Although the main focus was on the share of high-value crops in the total agricultural land, as an indicator of agricultural diversity, the Hirshman-Herfindahl index (HHI) and Shannon index have been computed to assess the extent of crop diversification in Nepal. Both the index showing an increasing trend over the years indicates that crop diversity has increased in the Nepalese farming pattern (*Figure 4*).

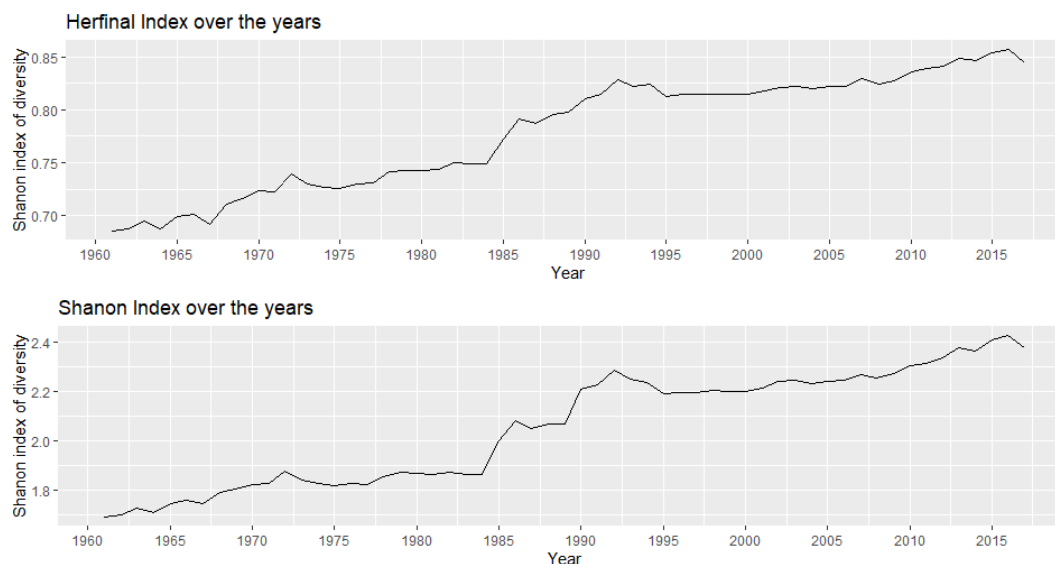


Figure 2. Crop Diversification Indices over the years (Source: Author's estimate based)

It is evident that diversity has increased with more significant momentum during the decade of the eighties as compared to the earlier period and it seems to be stagnant in the recent past. It can be a cause of concern both from the economic and environmental points of view. To find out the drivers of crop diversification, both the beta regression (with Hirshman-Herfindahl index as dependent variable) and normal ordinary least squares estimation (with Shanon index as dependent variable) were used with the same set of independent variables. The results are displayed in the following *Table 6*.

Table 6. Drivers of Crop Diversification in Nepal

Method of Estimation	Model 1: Shanon Index of diversity as the dependent variable	Model 2: Herfindal Index of diversity as the dependent variable
	Ordinary Least Squares Regression	Beta Regression
Independent Variable	Coefficient	Coefficient
Constant	0.17176* (0.030680)	0.8474* (0.02858)
Trade openness	-0.0032879* (0.0014910)	-0.004933* (0.001738)
Irrigation rate	0.0094354* (0.0039979)	0.01972* (0.003654)
Urban population	0.019759* (0.0073859)	0.01532** (0.007065)
Fertilizer	0.000068378* (0.000017005)	0.00009416* (0.00002863)
Time dummy 1	0.12262* (0.049264)	0.1285* (0.02895)
Time dummy 2	0.073163* (0.083949)	0.08085 (0.05.05)
Additional Model fit criteria	Adj. R squared: 0.959 F – stat : 221.691	Log-likelihood: 188.1 Pseudo R-squared: 0.9715

Source: Author's estimation *(All standard errors are heteroscedasticity – autocorrelation consistent)

Based on the availability of the data for the whole study period as well as the usability of the data, it allows us to include only five variables in the model. In both the model estimations, four out of five variables appear to be statistically significant.

Trade openness is giving a negative impact on the diversification process. The reduction in the trade barriers (or trade openness) will leave the producers to choose the particular basket of crops from a wide variety of crops where they have an advantage in production and hence they can enjoy the export potentials. The export profile of Nepal is also suggesting the same. In 2017, at the 2-digit Harmonized Tariff System code level, Coffee, tea, and spices accounted for or \$US47.6 million which is 6.4 % of the total export value. Non-alcoholic drinks excluding water, juices or milk constitute 5.9 %, followed by nutmeg, mace and cardamoms (5%), food industry waste and animal fodder accounted for another \$US32.6 million (4.4 %). So, the more the trade openness, the more the chance to concentrate on particular crops where the country has an advantage over others in terms of export potential.

Expansion of more cropped area under irrigation coverage will lead to more diversified agricultural practices which are quite common. Irrigation is the most crucial input of agriculture as it allows the farmers to grow crops based on their requirements and market demand as well. Provision of sustained irrigation facilities has been very crucial for the Nepal agriculture as most of the cultivated area remain unirrigated as only 28 % of the total agricultural land (4.21 million ha) is irrigated (The World Bank, 2020). The provision of sustained irrigation has been the significant difficulties in boosting the agriculture production of the country for a long time. The water use efficiency and agricultural productivity remained low in Nepal as most of the irrigation systems are fed by medium or small rivers, which almost entirely dependent on the rain. The climatic changes have made this more difficult.

Urbanization is putting a significant positive effect on the diversification of cropping pattern. That, as the demography of population changes from rural to urban areas, the demand for food baskets are also going to change. Instead of staple food crops, people demand more varieties of crops such as fruits and vegetables which in turn gives rise to diversify the crop mix of the economy.

More usage of fertilizer can be considered as the proxy of better farming techniques and practices. Usually, the high yielding varieties of crops require more usage of fertilizer, secured water supply, and improved farming practices. As the data on these variables are not available for most of the year, fertilizer usage has been taken and it is seen that it has a significant positive effect on crop diversification.

Finally, the time dummy has been taken to see the impact of significant policy reforms that have been implemented extensively during the early nineties for speedy integration of Nepal with the global economy and the shift from kingdom monarchy to a federal republic. Though the initial impact of these reforms on trade and economic growth has not been very impressive, in the long-run, it resulted in a significant positive effect on the agricultural sector as far as the crop diversification is concerned. It has also been seen in the growth analysis of area, production, and yield of major crops of the economy. The second period (period of economic reforms) was the most impressive compared to the first and third sub-period. However, the rising inequality and overall weak infrastructural status of the economy remained as the main obstacles in terms of achieving sustained growth of the agricultural economy and cropping pattern of the farming sector, and in the subsequent period, the impact of time dummy has become statistically insignificant.

4. Conclusions

As far as growth analysis of different crops in Nepal, it has been seen that the second sub-period was the most impressive as the growth rates of most of the crops were high compared to the other two sub-periods. The growth rates of many major crops have shown a significant declining trend in the third sub-period. The main reason for this slowing down of major crops (rice, oilseeds, sugarcane, and vegetables) production growth rates was the decline in the area growth rates. However, the positive changes have been observed in terms of growth of pulses, fiber, and tea as their area growth rates have significantly improved during the third sub-period. In general, it has been observed some yield for most of the crops (except pulses, maize, and tea) yield growth rates were not very impressive. That, there has been a rising trend of diversification in the cropping pattern of Nepal agriculture. This trend has been started since the mid-eighties and continued to grow at a significantly high pace until the mid-nineties. After which the pace has been slowed down relatively. Further, though there is an indication of diversification of cropping pattern, still the food grain crops remain the dominant crop groups in the crop mix of the farmers of Nepal.

The regression analysis confirms that irrigation coverage and better farming technology, which was proxied by fertilizer usage in agriculture, are helping significantly in a positive direction on diversifying the cropping pattern of Nepal agriculture. Urbanization leads to diversified food preference for the people and so have a favorable implication for crop diversification in Nepal. However, trade openness exerts negative impacts on cropping pattern diversification. It indicates that Nepal has a competitive export advantage only a few selected crops and these crops will be getting preference from the farmers' crop selection on account of better export value and higher income potential. So, the more the trade openness, the more the crop mix is biased towards particular crops where the country has an advantage over others in terms of export potential. It calls for the immediate attention of the policymakers to increase the comparative cost advantage of the other crops so that the diversification of the crop mix is well maintained even in the wake of globalization. For instance, the tea production has been increasing in the eastern to central and western part of country as this part enjoys plenty of rainfall throughout the year and have suitable climatic conditions. Similar, type of crops has to be identified where farmers can enjoy the natural advantage of growing the crops and export at a competitive price in the international markets. It is also crucial from a sustainable environmental viewpoint. The provision of irrigation coverage and adoption of modern farming techniques will undoubtedly be beneficial in this regard as it will enable the farmers in both diversifying their crop mix and reducing the cost of cultivation.

References

- Acharya, S. P., Bhatta, G. R. (2013). Impact of climate change on agricultural growth in Nepal. *NRB Economic Review*, 25, 1–16.
- Bradshaw, B., Dolan, H., Smit, B. (2004). Farm-level adaptation to climatic variability and change: crop diversification in the Canadian prairies. *Climatic change*, 67, 119–141.
- Cervantes-Godoy, D., & Dewbre, J. (2010). Economic importance of agriculture for poverty reduction.
- De, U. K. (2003). Changing Cropping System in Theory and Practice: An Economic Insight into the Agrarian West Bengal, *Indian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 58, No. 1, Jan-March.
- De, U.K. (2013), Infrastructural Growth, Farm Size and Pattern of Crop Diversification Across the Districts of West Bengal, *Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary*, Vol. 13, Issue No. 1, Version 1.0.
- De and Chattopadhyay (2010), Crop diversification by poor peasants and role of infrastructure: Evidence from West Bengal, *Journal of Development and Agricultural Economics* Vol. 2(10), pp. 340-350.
- Dorjee, K., Broca, S., & Pingali, P. (2003). Diversification in South Asian agriculture: trends and constraints. *ESA Working Paper No. 03-15* The Food and Agriculture Organization . <http://www.fao.org/>: <http://www.fao.org/3/a-ae048t.pdf>
- Ellen, W., & Barry, S. (2005). Climate Change Adaptation in Light of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 113-123.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). FAOSTAT statistical database. [Rome] :FAO
- Fraser, E. D. (2006). Crop diversification and trade liberalization: Linking global trade and local management through a regional case study. *Agriculture and Human Values*, 23, 271–281.
- Jha, B., Kumar, N., & Mohanty, B. (2009). *Pattern of agricultural diversification in India*. Inst. of Economic Growth, Unvi. of Delhi Enclave.
- Joshi, P. K., Gulati, A., BIRTHAL, P. S., & Tewari, L. (2003). Agriculture diversification in South Asia: patterns, determinants, and policy implications. International Food Policy Research Institute. May 13, 2020 tarihinde <https://www.ifpri.org/publication/agriculture-diversification-south-asia>
- Joshi, P. K., Gulati, A., BIRTHAL, P. S., & Tewari, L. (2004). Agriculture diversification in South Asia: patterns, determinants and policy implications. *Economic and Political Weekly*, 2457–2467.
- Kishore, A., Pala, B. D., Joshia, K., & Aggarwal. (2018). Unfolding government policies towards the development of climate smart agriculture in India. *Agricultural Economics Research Review*, 123-137.
- Lin, B. B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61, 183–193.
- Ministry of Finance , Government of Nepal. (2018). Budget Speech of Fiscal Year 2018/19 . Kathmandu: Ministry of Finance , Government of Nepal.
- Nepal Agricultural Research Council. (1995). *Country Report to the FAO International Conference on Plant Genetic Resources* . Kathmandu: Nepal Agricultural Research Council.
- Popkin, B. M. (2015). Nutrition transition and the global diabetes epidemic. *Current diabetes reports*, 15, 64.
- Rapsomanikis, G. (2015). The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1–39.
- Secretariat of the Convention on Biological. (2005). The Impact of Trade Liberalization on Agricultural Biological Diversity: Domestic support measures and their effects on agricultural biological diversity. *CBD Technical Series No 16 ed*. Montreal: CBD.
- Sharma, K. C. (2020, May 03). *Crop Diversification in Nepal*. Food and Agricultural Organisation: <http://www.fao.org/3/x6906e/x6906e09.html>
- Shoffner, A. V., & Tooker, J. F. (2013). The potential of genotypically diverse cultivar mixtures to moderate aphid populations in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Arthropod-Plant Interactions*, 7, 33-43.
- Thapa, G., Kumar, A., & Joshi, P. K. (2017). *Agricultural diversification in Nepal: Status, determinants, and its impact on rural poverty* (Cilt 1634). Intl Food Policy Res Inst.
- The World Bank. (2020, May 02). *Nepal: Irrigation and Water Resource Management*. The World Bank: <https://www.worldbank.org/en/results/2014/04/11/nepal-irrigation-and-water-resource-management> adresinden alındı
- Wall, E., & Smit, B. (2005). Climate change adaptation in light of sustainable agriculture. *Journal of sustainable agriculture*, 27, 113–123.

Detection of Vortex Cavitation With The Method Adaptive Neural Fuzzy Networks in the Deep Well Pumps


Derin Kuyu Pompalarında Uyarlanabilir Sinir Bulanık Ağları ile Girdap Kavitasyonunun Saptanması


Akif DURDU¹, Seyit Alperen ÇELTEK², Nuri ORHAN^{3*}


Abstract

Nowadays submersible deep well pumps are the most used irrigation systems in agriculture field. Efficient operation and economical life of pumps is an important issue. One of the most important parameters affecting pump efficiency and life is cavitation. The cavitation is one of the problems frequently faced in the pump systems that widely used in the agriculture field. The cavitation could cause more undesired effects such as loss of hydraulic performance, erosion, vibration and noise. This paper presents a novel model for the detection of vortex cavitation in the deep well pump used in the agriculture system using adaptive neural fuzzy networks. The data submergence, flow rate, power consumption, pressure values, and noise values used for training the ANFIS (Adaptive-Neural Based Fuzzy Inference Systems) network are acquired from an experimental pump. In this study, we use to the sixty-seven data for training process, while the fifteen data have used for testing of our model. The average percentage error (APE) has obtained as 0.08 % and as 0.34 % respectively for 67 training data and for 15 test data. The performance of the implemented model shows the advantages of ANFIS. The result of this study shows that ANFIS can be successfully used to detect vortex cavitation. This paper has two novel contributions which are the usage of noise value on cavitation detection and find out cavitation by using adaptive neural fuzzy networks. During the cavitation, the pump parameters must change by controller for prevent unwanted pump errors. The strategy proposed could be preliminary study of automatic pump control. Also proposed novel control strategy can be used for cavitation control in agriculture irrigation pumps, because of easy set up and no need extra cost. The ANFIS based model has real-time applicable thanks to rapid and easy control. It is possible to set safe boundaries in submergence in this model. Thus, users by adjusting controllable parameters can prevent cavitation and increase pump efficiency.

Keywords: Adaptive fuzzy neural networks, Cavitation, Submergence, Vortex cavitation, Deep well pumps.

¹ Akif Durdu, Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Teknik University, 42075, Konya, Turkey. E-mail: adurdu@ktun.edu.tr  ORCID: 0000-0002-5611-2322

² Seyit Alperen Çeltek, Department of Energy Engineering, Karamanoglu Mehmetbey University, Karaman, Turkey. E-mail: alperenciltekt@gmail.com  ORCID: 0000-0002-7097-2521.

^{3*} Sorumlu Yazar/Corresponding Author, Nuri Orhan, University of Selçuk Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering Alaeddin Keykubat Campus, 42075 Selçuklu. E-mail: nuriorhan@selcuk.edu.tr  ORCID: 0000-0002-9987-1695

Atıf/Citation: Durdu, A., Çeltek, S.A., Orhan N. Detection of Vortex Cavitation With The Method Adaptive Neural Fuzzy Networks in the Deep Well Pumps. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 613-624.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Günümüzde tarım alanlarının sulama işlemlerinde en çok dalgıç derin kuyu pompaları kullanılmaktadır. Pompaların verimli çalışması ve ekonomik ömrü önemli bir konudur. Pompa verimlerini ve ömrünü etkileyen en önemli parametrelerden biri kavitasyondur. Kavitaasyon tarım alanında yaygın olarak kullanılan pompa sistemlerinde sıklıkla karşılaşılan sorunlardan biridir. Kavitasyon, hidrolik performans kaybı, erozyon, titreşim ve gürültü gibi daha fazla istenmeyen etkilere neden olabilir. Bu makale, uyarlanabilir sinirsel bulanık ağları kullanarak tarım sisteminde kullanılan derin kuyu pompasında girdap kavitasyonunun tespiti için yeni bir model sunmaktadır. ANFIS (Uyarlanabilir Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemleri) ağını eğitmek için kullanılan dalma derinliği, debi, güç tüketimi, basınç değerleri ve gürültü değerleri deneysel bir pompadan elde edilmiştir. Bu çalışmada, eğitim süreci için altmış yedi veriyi kullanırken, on beş veri modelimizi test etmek için kullanılmıştır. Ortalama yüzde hata (APE) 67 eğitim verisi ve 15 test verisi için sırasıyla%0.08 ve% 0.34 olarak elde edilmiştir. Uygulanan modelin performansı ANFIS'in avantajlarını göstermektedir. Bu çalışmanın sonucu, ANFIS'in girdap kavitasyonunu tespit etmek için başarıyla kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu çalışmanın iki yeni katkısı kavitasyon tespitinde gürültü seviye değişiminin kullanımı ve uyarlanabilir sinirsel bulanık ağları kullanarak kavitasyonun belirlenmesi olmuştur. Kavitasyon sırasında, istenmeyen pompa hatalarını önlemek için pompa parametreleri kontrolör tarafından değiştirilmelidir. Önerilen strateji, otomatik pompa kontrolünün ön çalışması olabilir. Ayrıca önerilen yeni kontrol stratejisi, kurulumunun kolay olması ve ekstra maliyet gerektirmemesi nedeniyle tarımsal sulama pompalarında kavitasyon kontrolü için kullanılabilir. ANFIS tabanlı model, hızlı ve kolay kontrol sayesinde gerçek zamanlı uygulanabilirliğe sahiptir. Bu modelde dalma derinliğinin güvenli sınırları ortaya koymak mümkündür. Böylece kullanıcılar kontrol edilebilir parametreleri ayarlayarak kavitasyonu önleyebilir ve pompa verimini artırabilir.

Anahtar kelimeler: Uyarlanabilir bulanık sinir ağları, Kavitasyon, Dalma derinliği, Vorteks kavitasyonu, Derin kuyu pompaları

1. Introduction

Nowadays submersible deep well pumps are the most used irrigation systems in agriculture field. Efficient operation and economical life of pumps is an important issue. The vortex which one of the factors that adversely affect the efficiency of the pump can occur due to pumps are placed at low submergence. Due to the vortex, when the air inlet interferes with the pump wing, it affects negatively the efficiency and economical life of the pump (Nagahara et al. 2001). Therefore, in order to prevent vortex formation in deep well pumps, the submergence of the pump must be operated within the safe limit (Albayrak et al. 2013). The vortex formed by the effect of the diameter and height of the water inlet pipe in the pumps causes the pressure of the pump to decrease and to work more loudly (Gurbuzdal, 2009; Hanson, 2000). If the pump absorbs air because of the vortex, cavitation may occur (Nurşen, 2011).

The cavitation is a physical effect that adversely affects performance in pump applications, causes abrasions (Yüksel and Eker, 2009a) in pump elements and causes severe reductions in pump life. Advanced wear causes efficiency losses in pumps (Yüksel and Eker, 2009b).

In the case of vortex cavitation due to submergence, it is important to observe various types of vortex and determine the beginning of cavitation in the vortex area. Cavitation causes the pump to operate loudly and vibration (Nasiri et al. 2011). The noise and vibration caused by the pressure changes cause the pump to move away from the optimum efficiency point (Karadoğan and Ürün, 1996)

In the case of cavitation of pumps the noise levels that occur are different values according to the cavitation-free state. The noise frequency and levels in the case of cavitation are specified as 147 Hz to 70-80 dBA. It is also indicated that noise level is differentiated in the case of cavitation-free operation and cavitation estimation can be done from noise level measurements (Čdina, 2003).

In this study, an artificial intelligence based approach to determine cavitation problem in deepwater pumps is proposed. In many engineering applications, artificial intelligence based methods are being developed as alternative methods for problem detection. An example of this is to analyze the signal obtained from the vibration by means of fuzzy logic (Sakthivel et al. 2010; Wang and Hu, 2006). It is proposed a model for the breakdown detection of water pump system using binary adaptive resonance network and feed forward network with back propagation algorithm (Rajakarunakaran et al. 2008). The Support Vector Machines (SVMs) based model for detecting and classifying pump faults is presented (Sakthivel et al. 2010a). The hybrid approach that consists of the decision tree and fuzzy classifier is proposed for creating rules from statistical parameters derived from vibration signals under both conditions (good and faulty) (Sakthivel et al. 2010b). It has been used artificial immune recognition system for the fault classification of centrifugal pump (Sakthivel et al. 2011). The fuzzy neural network has used for classification to determine errors and differentiate between error type (Wang and Chen, 2007). The other study demonstrated an artificial neural network (ANN)-based approach for fault detection and identification in gearboxes (Rafiee et al. 2007). It is discussed a ANFIS based error diagnosis model for induction motor (Yang and Tan, 2009).

In this study, an approach to detect vortex cavitation in submersible pumps using adaptive neural fuzzy networks is presented. As seen *Figure 1*, an experimental setup was developed to study the behavior of water in deep wells during pumping in deep wells. In the different submergence depths, the speed of the water at different points of the well and the pump, the output pressure of the pump, the level of fall in the well, the power the pump draws from the network, and the noise level generated are instantaneously measured. In addition, water movements detected by video cameras (K1-K2) located at two different points of the well were recorded. Pump submergence (S), flow rate (Q), power consumption (N), pressure values (Pb) and noise (G) values obtained from the experimental environment were used in network training. Using an adaptive neural fuzzy network, the accuracy of cavitation detection was obtained as nearly 99 %.

The presented study is outlined as follows Section 2 describes the data collection system that enables the acquisition of the experimental environment and the data used in this study. In section 3, adaptive neural fuzzy networks are defined and their layers are given in detail. The networks, network structures and parameters used to determine cavitation in the pumps are described in Section 4. concludes the manuscript.

2. Materials and Methods

2.1. Model of Experimental Pump

This study was carried out in the Department of Agricultural Machinery and Technology Engineering of the Faculty of Agriculture of Selcuk University in the Deep Well Pump Test Tower (Figure 1), which was established under the project number TUBITAK 213O140.

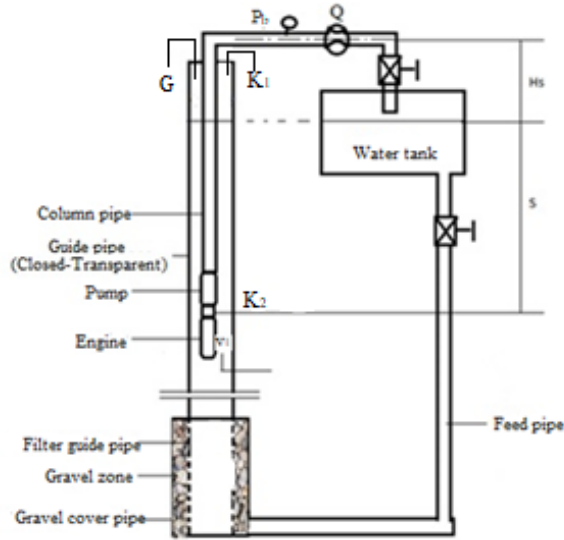


Figure 1. Deep Well Pump Test Tower and Installations

A typical submersible deep well pump placed in the well are given in Figure 2 as the basic elevation terms appropriate to the terminology.

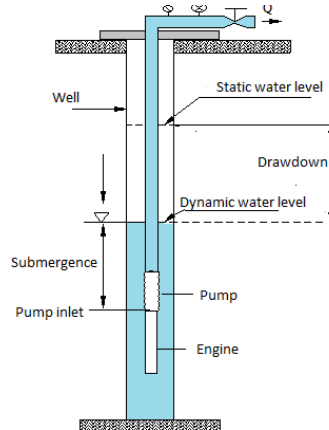


Figure 2. Deep well characteristic curve and basic height terms

Submersible deep well pump was used in the experiments. For pump actuation, 4 kW motor was used for pump. Technical specifications for measurement devices used in present experiments were provided in Table 1.

Test assembly with deep wells equipment is high 10 m. Test assembly is kept constant during trials 4 m plexiglass pipe and 2 m well screen pipe from the bottom, 4 m steel casing pipe. Besides around the well screen pipe of 10 cm in width has filled with gravel which bulk density 1.54 kg m^{-3} geometrical diameter between 7-15 mm. Thus it has formed environmental working of deep well. Submersible pump has mounted form may seem at plexiglass pipe 2 m column pipe by connecting (Figure 3).

Table 1. Technical specifications for measurement devices

Device	Technical specifications
Flow meter	S MAG 100 TİP, DN 80 flange connection electromagnetic flow meter, 220 V supplied digital indicator, instant flow, percent flow, total flow indicators. Adjustable 4-20 m/A plus and frequency output. Measurement error: 0.5%.
Manometer	WIKA, 0-10 bar, Bottom installed, 4-20 m/A output.
Water level meter	Hydrotechnik brand, 010 type/1.5 V, 150 m scaled cable, voice and light indicator type.
Velocimeter	FLS brand, F3.00 winged-type, measurement range 0.1-8 m s ⁻¹ , accuracy ± %0.75, output type: pulse.
Noise Sensor	CT-2012 model, input 4 mA, DC 24V power supply output indicator. Sound level Transmitter model: TR-SLT1A4, Measurement range:30-80 dB, 50-100 dB, 80-130 dB, output 4-20 mA, 90-260 ACV 50Hz/60Hz, Operation temperature 0-50 °C.
Temperature sensors	Turck brand, 10-24 VDC, -50...100 °C, 4-20mA output.
Computer	Asus intel core i7

**Figure 3. Submersible pump and connection of the camera**

The standard of EN ISO 9906 is used for measurements and calculations of the pump operating characteristics and the standard of EN ISO 3740 is measurement of the noise level. Noise meter which is next to the drain header has remained stationary throughout the whole measurement. Two cameras for side-view and top-view are used to view the of vortex cavitation. The place of the camera for top-view is changed according to the water level and the camera angle. Side camera is connected to outside of the transparent pipe in order to track the pump-inlet and the of vortex cavitation (Figure 3).

Experiments were conducted at 1880 mm pump submergence (constant hydraulic head). Depression was measured with a water level meter and submergence depth was calculated with the aid of Eq. 1;

$$S = 1880 - \Delta \quad (\text{Eq.1})$$

Where; S= Submergence (mm) and Δ = Drawdown (mm).

Figure 4 and Figure 5 show images of vortex cavitation occurring at low submergence



Figure 4. The images of vortex cavitation ($Q = 60 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; $S = 30 \text{ mm}$)



Figure 5. The images of vortex cavitation ($Q = 60 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; $S = 20 \text{ mm}$)

2.2. Record Process

A software and automation system has been implemented to record the measured quantities in the study. The block diagram of this system was given in Figure 6. As you can see from the block diagram, the information received from the sensors in the system is transferred to the computer wirelessly (Bluetooth) via a central data collection card (Figure 7).

The information stored in the central processor is registered with the appropriate names at the intervals requested by the operator via the software interface prepared on the computer. The recording system was designed for can receive one data at a each second. After the pump has entered the regime, the recording process has started and 50 data have been received from a sensor. The average of these data is given in tables (Table 2).

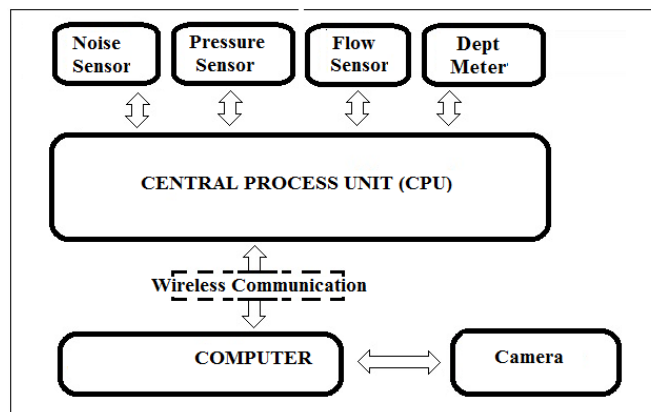


Figure 6. Block Diagram of the Automation System

The submersible pump has taken measurements at 5-7 different dynamic levels for each of the 4 different flow ranges (40-50-55-60 m³ h⁻¹) at the optimum operating speed. The pump is operated at any specified flow rate and the submergence is reduced after the initial values are recorded. With the drop of the water level, the changing flow rate is readjusted by the valve in the measuring pipe. In this way, five different levels of submergence measurements at one flow rate are recorded and displayed.

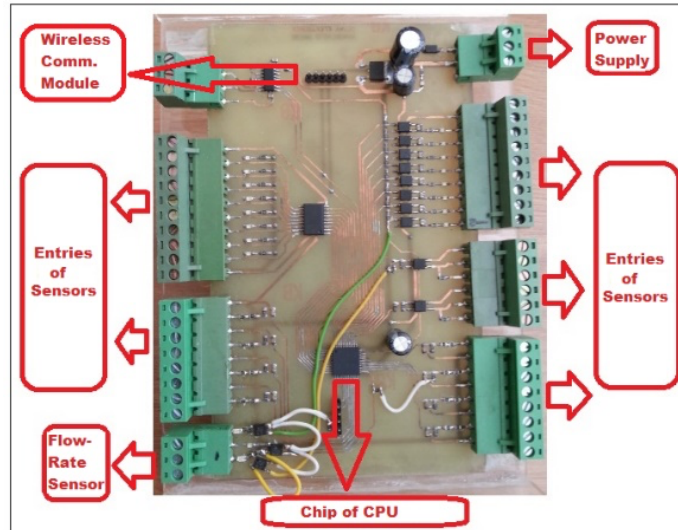


Figure 7. Data collection card used in the automation system

Table 2. A part of the data in different flow belonging to a pump

Q (m ³ h ⁻¹)	S (mm)	Δ (mm)	G (dBA)	N (kW)	V ₁ (ms ⁻¹)	Pb (kPa)
40.02	159	290	75.84	4.37	0.21	152.19
40.10	1305	570	74.97	4.37	0.21	149.48
40.07	870	1010	73.48	4.37	0.21	143.71
40.14	250	1630	72.73	4.36	0.21	138.74
40.06	100	1780	70.73	4.38	0.21	136.95
37.75	20	1860	82.29	4.19	0.20	126.85
50.12	1430	450	71.42	4.50	0.27	122.83
50.06	1195	685	72.17	4.50	0.27	120.27
50.13	810	1070	72.70	4.51	0.27	116.92
50.15	240	1640	73.04	4.51	0.27	110.37
49.99	40	1840	72.16	4.50	0.27	109.16
38.64	20	1860	82.59	3.49	0.21	60.28
60.11	1250	630	73.10	4.51	0.32	87.30
60.09	1160	720	73.07	4.51	0.32	86.61
60.20	905	975	74.98	4.51	0.32	83.61
60.12	600	1280	71.61	4.52	0.32	80.61
60.08	180	1700	74.63	4.50	0.32	76.85
60.12	70	1810	72.10	4.53	0.32	75.75
53.63	20	1860	83.91	4.15	0.29	63.46

2.3. Adaptive Neural Fuzzy Networks

In the section 3, it is presented the basic theory of ANFIS model. A detailed coverage of ANFIS can be found in (Jang, 1993; Jang, 1996). An adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) developed by Jang is a hybrid artificial intelligence method that uses parallel computing and learning ability of artificial neural networks and fuzzy logic extraction (Atmaca et al. 2001; Jang, 1996). ANFIS consists of if-then rules and couples of input-

output which as a part of fuzzy logic. The learning algorithms of neural network are used for training process in ANFIS model (Atmaca et al. 2001; Avci and Akpolat, 2006; Avci et al. 2005; Boyacioglu and Avci, 2010; Jang, 1993).

The ANFIS networks consist of directly connected nodes that exemplify a processing unit (Demirel et al. 2010). The links between the nodes indicate a weight value. The weight value has an important role in adaptation. It determines the output of nodes for suitable adaptation. The other significant part of the ANFIS is the learning rules. These rules minimize the error value which is the difference between the output of the whole network and the target value.

ANFIS is one of the very powerful approach to establishing a complex, nonlinear relationship between a set of input and output data sets (Guney and Sarikaya, 2007). ANFIS consists of a set of rules and input / output information pairs in the fuzzy inference system (Kumaş, 2014). ANFIS can make rules for the problem or make use of expert opinions to create rules possible.

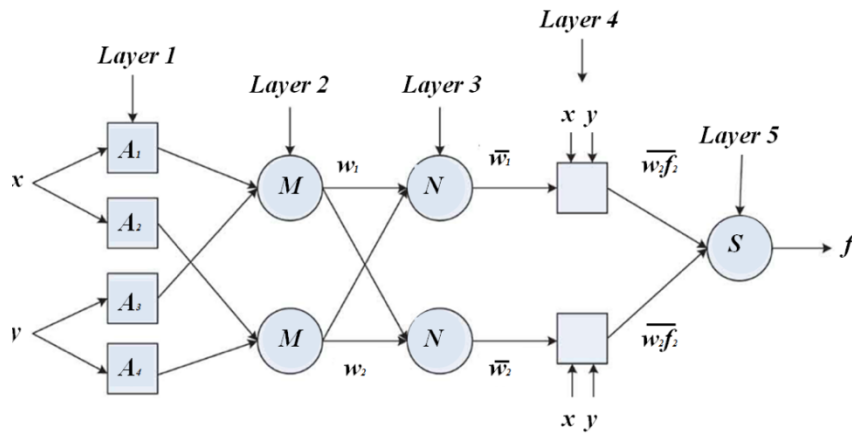


Figure 8. ANFIS Architecture

The ANFIS’ architecture with two inputs and one output is as shown in Figure 8. ANFIS architecture consists of 5 different layers (Avci and Akpolat, 2006; Caner and Akarslan, 2009; Jang, 1993). These layers are as follows;

Layer (i): It is also called fuzzification layer. The fuzzification layer fuzzifies the input signals. The output of each node consists of membership values that depend on the input values and the membership function used. The node output is the result of a predetermined membership function.

Layer (ii): Rule layer. Each node in this layer represents the rules and number of rules generated by the fuzzy logic inference system.

Layer (iii): Normalization layer. Each node in this layer accepts all nodes coming from the rule layer as input values and calculates the normalized value of each rule.

Layer (iiii): Defuzzification layer. The weighted result values of a given rule are calculated at each node in the defuzzification layer. The parameters in this layer are called result parameters.

Layer (iiiii): This layer has only one node and is labeled with Σ . Here, the output value of each node in the fourth layer is summed up, resulting in the real value of the ANFIS system.

The most important parameters of an ANFIS structure are the initial and result parameters. The data to be used in education are introduced to the artificial neural network and the input-output functional relation of the training data is best learned with a random training algorithm. This is an optimization process. It is aimed to determine the minimum conditions (difference function) between the model output and the output of the training data, that is, to determine the appropriate values of the parameters (Caner and Akarslan, 2009).

3. Results and Discussion

3.1. The Training of ANFIS and Training Results

The research data used in this study derived from the experimental pump (submergence, flow rate, diameter of pipe, power consumption, pressure and noise values) were used for train the ANFIS. These parameters given as input of ANFIS while corresponding status of cavitation (1 or 0) was given as target, as indicated in *Figure 9*. In this figure, the parameters are taken from *Table 3*.

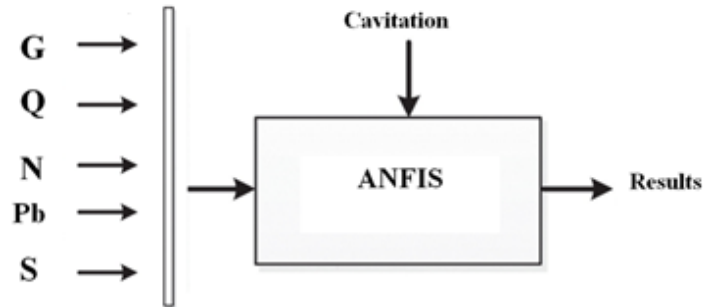


Figure 9. Training Schema of ANFIS

Totally, the eighty-two data were utilised for both process; the sixty-seven data for training and the fifteen data for testing.

Table 3. The ANFIS Training Parameters

Parameter	Value
The number of epochs	100
The accept ratio	0.5
The reject ratio	0.15
The squash factor	1.25
The range of influence	0.5
The number of MFs	12
The number of linear parameters	112
The number of nonlinear parameters	192
The nodes	233

The used ANFIS parameter values were shown *Table 4*. The triangular-shaped membership function (MF) was selected as an input member function, and the linear function was used for output.

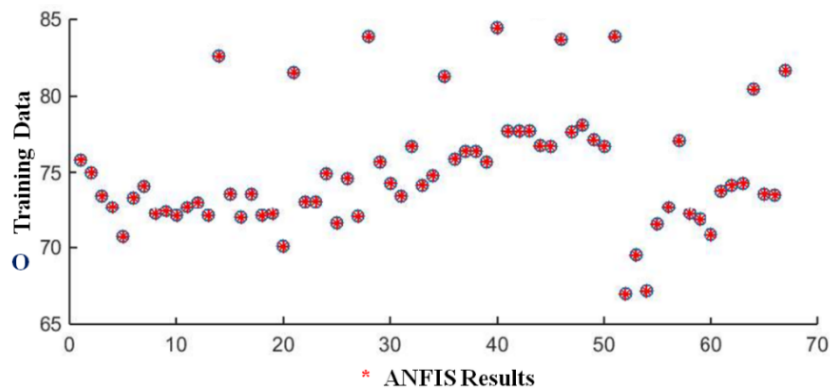


Figure 10. Comparative Results of Training and ANFIS Training Outputs

Figure 10 shows that the experimental data and training findings are in really good agreement. The performance criteria (APE) has found to really good value that 0.08 for 67 training data.

3.1. The Test of ANFIS and Test Results

The fifteen data which were obtained from the experimental pump, were employed to test the model. The test of ANFIS is described in Figure 11.

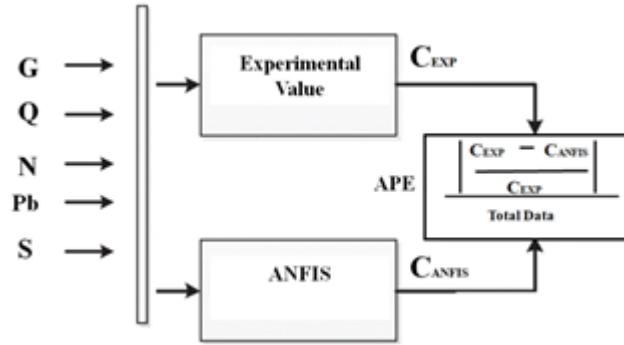


Figure 11. ANFIS Testing Process

As indicated in Figure 12, there is a good agreement between the experimental outputs and our model results. The result is that is the APE value 0.34 % fairly good for 15 inputs. The results show that the ANFIS based approach accurately detects the cavitation of the water pump. The experimental outputs and ANFIS model’s results are very close to each other. So the success of this model supports the validity of the ANFIS model presented here. It is shown that automatic cavitation detection is possible with the ANFIS model proposed in this work.

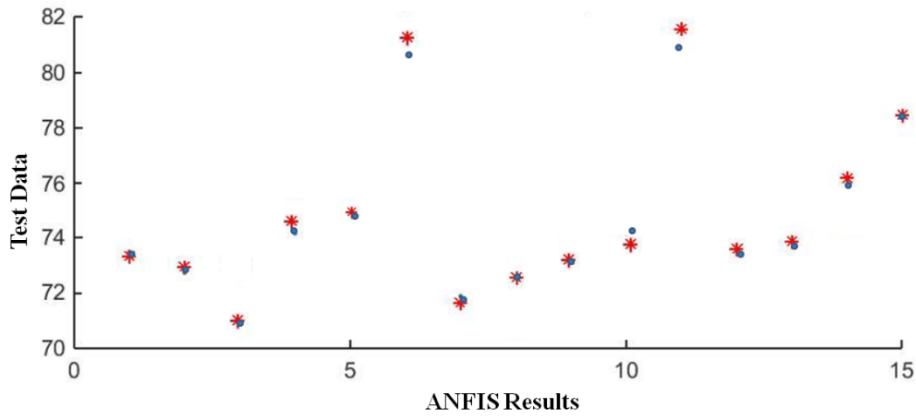


Figure 12. Comparative Results of Test Data and Anfis Outputs

4. Conclusions

Cavitation is formation of vapour bubbles within a liquid at low-pressure regions. It may make mechanical damage to the pump and may reduce the capacity of the pump over time. Therefore, cavitation shortens pump life and causes noisy operation. Detecting the cavitation is a significant task because the successful detection may increase pump efficiency and economic life. We recommend an ANFIS based approach (Sugeno-type FIS) for detection of cavitation phenomenon in deep well pump used in agriculture system. They used data from the experimental pump contains of input (submergence, flow rate, power consumption, noise value and pressure values) and target data (cavitation status). For the obtain experimental data, 82 different cases are investigated. To training process, the 67 data was used and remain 15 data was for the test of ANFIS. The study shows that the detection of cavitation in deep well pump can be significantly succeed by using ANFIS. The results of proposed model are very satisfying. The APE has obtained as 0.08 % and as 0.34 % respectively for 67 training data and for

15 test data. The performance of implemented model shows the advantages of ANFIS. These findings demonstrate that ANFIS can be a useful tool for detection of cavitation. During the cavitation, the pump parameters must change by controller for prevent unwanted pump errors. The strategy proposed could be preliminary study of automatic pump control. Also proposed novel control strategy can be used for cavitation control in agriculture, because of easy set up and no need extra cost.

Furthermore, the ANFIS based model has real-time applicable thanks to rapid and easy control. It is possible to set safe boundaries in submergence in this model. Thus, users by adjusting controllable parameters can prevent cavitation and increase pump efficiency.

Acknowledgment

This study was supported by The Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK, Project No:213O140). The authors would also like to thank the Karamanoglu Mehmetbey University for providing the access MATLAB Software and Prof. Dr. Sedat Calisir.

References

- Albayrak, K., Konuralp, O., & Canbaz, Ö. (2013). Dünya Dışındaki Gökçisimleri İçin Santrifüj Pompa Seçimi ve Olası Sorunlar. 8. *Pompa ve Vana Kongresi*. 2-4 May, P.82-87. İstanbul, Turkey.
- Atmaca, H., Cetisli, B., & Yavuz, H. S. (2001). The comparison of fuzzy inference systems and neural network approaches with ANFIS method for fuel consumption data. *The Second International Conference on Electrical and Electronics Engineering Papers*. (ELECO). 7-11 November, P.4. Bursa, Turkey.
- Avci, E., & Akpolat, Z. H. (2006). Speech recognition using a wavelet packet adaptive network based fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications*, 31(3), 495-503.
- Avci, E., Turkoglu, I., & Poyraz, M. (2005). Intelligent target recognition based on wavelet adaptive network based fuzzy inference system. *Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*. 7-9 June, P.594-607. Estoril, Portugal
- Boyacioglu, M. A., & Avci, D. (2010). An adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) for the prediction of stock market return: the case of the Istanbul stock exchange. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7908-7912.
- Caner, M., & Akarslan, E. (2009). Estimation of specific energy factor in marble cutting process using ANFIS and ANN. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 15(2), 221-226.
- Čdina, M. (2003). Detection of cavitation phenomenon in a centrifugal pump using audible sound. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 17(6), 1335-1347.
- Demirel, O., Kakilli, A., & Tektas, M. (2010). Electric energy load forecasting using ANFIS and ARMA methods.
- Guney, K., & Sarikaya, N. (2007). Adaptive neuro-fuzzy inference system for computing the resonant frequency of electrically thin and thick rectangular microstrip antennas. *International Journal of Electronics*, 94(9), 833-844.
- Gurbuzdal, F. (2009). *Scale effects on the formation of vortices at intake structures*. (Master Thesis) The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Hanson, B. (2000). Irrigation Pumping Plants Retrieved from UC Irrigation and Drainage Specialist:
- Jang, J.-S. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 23(3), 665-685.
- Jang, J. (1996). Input selection for ANFIS learning, fuzzy systems. *Proceedings of IEEE 5th International Fuzzy Systems*. v2, 1493-1499.
- Karadoğan, H., & Ürün, N. (1996). Pompa Çıkışında Basınç Dalgalanmaları. 2. *Pompa Kongresi*. 3-5 Nisan, P.194-202. İstanbul, Turkey.
- Kumaş, K. (2014). *Binalarda ısıtma yükü ihtiyacının belirlenmesi için yeni bir yaklaşım*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Turkey.
- Nagahara, T., Sato, T., & Okamura, T. (2001). Effect of the submerged vortex cavitation occurred in pump suction intake on hydraulic forces of mixed flow pump impeller. <http://resolver.caltech.edu/cav2001:sessionB8.006>.
- Nasiri, M., Mahjoob, M., & Vahid-Alizadeh, H. (2011). Vibration signature analysis for detecting cavitation in centrifugal pumps using neural networks. *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Mechatronics*, April 13-15, P.632-635. İstanbul, Turkey.
- Nurşen, E. C. (2011). Santrifüj Pompalarda Kavitasyon Problemi ve Maksimum Emme Yüksekliği (MEY) Hesabı. 7. *Pompa ve Vana Kongresi*. 28-30 Nisan, P.51-56. İstanbul, Turkey.
- Rafiee, J., Arvani, F., Harifi, A., & Sadeghi, M. (2007). Intelligent condition monitoring of a gearbox using artificial neural network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 21(4), 1746-1754.
- Rajakarunakaran, S., Venkumar, P., Devaraj, D., & Rao, K. S. P. (2008). Artificial neural network approach for fault detection in rotary system. *Applied Soft Computing*, 8(1), 740-748.
- Sakthivel, N., Nair, B. B., Sugumaran, V., & Rai, R. S. (2011). Decision support system using artificial immune recognition system for fault classification of centrifugal pump. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 3(1), 66-84.
- Sakthivel, N., Sugumaran, V., & Babudevasenapati, S. (2010). Vibration based fault diagnosis of monoblock centrifugal pump using decision tree. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4040-4049.
- Sakthivel, N., Sugumaran, V., & Nair, B. B. (2010a). Application of support vector machine (SVM) and proximal support vector machine (PSVM) for fault classification of monoblock centrifugal pump. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, 2(1), 38-61.
- Sakthivel, N., Sugumaran, V., & Nair, B. B. (2010b). Comparison of decision tree-fuzzy and rough set-fuzzy methods for fault categorization of mono-block centrifugal pump. *Mechanical systems and signal processing*, 24(6), 1887-1906.
- Wang, H., & Chen, P. (2007). Fault diagnosis of centrifugal pump using symptom parameters in frequency domain. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript IT 07 005. Vol. IX.
- Wang, J., & Hu, H. (2006). Vibration-based fault diagnosis of pump using fuzzy technique. *Measurement*, 39(2), 176-185.
- Yang, B.-S., Oh, M.-S., & Tan, A. C. C. (2009). Fault diagnosis of induction motor based on decision trees and adaptive neuro-fuzzy inference. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1840-1849.
- Yüksel, E. and Eker, B., (2009a). Determination of Possible Wear on the Centrifugal Pump Wheel Used for Agricultural Irrigation Purposes. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 6(2): 203-214.
- Yüksel, E. and Eker, B., (2009b). Determination of Wear That Can be Formed at the Stainless-Steel Wheels of the Centrifuge Pumps Used at Agricultural Irrigation, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 2009; 6(3): 303-314.

What Impact of Social Networks on Farmers' Performances; Case of The Milk Sector in Ghardaïa, Algeria


Manal NECHAR^{1*}, Sami ASSASSI², Mohammed BENDRISSOU³


Abstract

In many developing countries, farmers are struggling to improve their productivity and economic performance. This is due to the markets' imperfections, including information market. Numerous empirical studies point to the limitations of the so-called conventional information system set up by public institutions, which forces farmers to bear significant additional transaction costs to access information. These limits have led to the emergence of other modes of information transfer, of which collaboration seems to be the most successful. Social networks, by their very conception, have allowed this mode to materialise and develop rapidly. Algeria is no exception, since these techniques are found in some of the country's agricultural contexts. By analyzing the dairy value chain in the wilaya of Ghardaïa (South of the country), we evaluate in this study the impact of the use of social networks on farmers' performance. We surveyed 50 farmers in the region, randomly selected using the snowball method – one respondent leads to another. The results highlight the relevance of information obtained from social networks, which allows farmers to make savings (13.000 DZD per year per dairy cow: production and transaction costs) and technical changes, and thus leads to a significant improvement in productivity and economic performance (net profit per year per dairy cow: 170.000 DZD versus 78.000 DZD, net profit per litre of milk: 20 DZD versus 11 DZD respectively). The study shows, however, that the use of social networks is not generalized and remains subject to structural variables specific to farmers such as age and level of education.

Keywords: Innovation, Information system, Social networks, Impact, Performances, Dairy farmers, Algeria.

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Dr. Manal NECHAR, National Higher School of Agronomy (ENSA), Rural Economy Department, Algiers, Algeria. E-mail: nechar_manal@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-3890-4801

²Dr. Sami ASSASSI, National Higher School of Agronomy (ENSA), Rural Economy Department, Algiers, Algeria. E-mail: assassisami@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-1325-0207.

³ Mohammed BENDRISSOU, National Higher School of Agronomy (ENSA), Rural Economy Department, Algiers, Algeria. E-mail: mohammed.bendrissou@gmail.com  OrcID: 0000-0002-8936-5502.

Atıf/Citation: NECHAR M., ASSASSI, S., BENDRISSOU M. What Impact of Social Networks on Farmer's Performances: Case of The Milk Sector in Ghardaïa, Algeria, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 625-635.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

1. Introduction

Conventional information systems are often presented by analysts as one of the main causes of entrepreneurial failure (Ramezani et al., 2021). In order to compensate for the inadequacies of conventional systems, several mechanisms, developed by private initiatives, are gradually being imposed on the market. For a better understanding, in economics, these mechanisms are read through the theory of induced institutional change of Ruttan and Hayami (1984).

These authors consider that institutional changes are endogenous, if they result mainly from technical changes that lead to a modification of the relative prices of factors. Basically, two types of information transfer mechanisms can be distinguished. The first consists of vertical mechanisms, generated by private actors, suppliers and customers (seed companies, importers - Goulet, 2011; Laouar and Dugué, 2019). These appear in particular in the context of coordination practices, for example contract farming, where private companies, which have directly invested in improving crop yields, provide technical advice to farmers (Assassi et al., 2020). These mechanisms are also observed in agricultural markets, where information about technology and market demand is channelled through traders (Assassi et al., 2017). The second category is collaborative, horizontal mechanisms: exchanges between farmers themselves (Isollah et al., 2010; Hansen et al., 2014; Casey et al., 2016).

Collaborative mechanisms have developed significantly around the world, especially social networks (SNs), thanks to the widespread use of the internet. In this text, SNs refer to the digital exchange platforms of the web (such as Facebook and YouTube, etc.). SNs technologies have been around since the 1990s, but it is especially since the 2000s that their use and usage has increased significantly, with the use of mobile phones (Casey et al., 2016).

Several researchers have analysed the effectiveness of collaborative systems via SNs and show that they allow farmers to access relevant information on production techniques, innovation and markets quickly and cheaply, helping them to improve their productivity and economic performance (Galtier et al., 2014; Allen et al., 2012; Wyn and Penri, 2017; Bite and Anand, 2017). Others have attempted to identify the strengths and weaknesses of the conventional information system and make proposals to improve its performance (Demiryurek, 2008; Vidanaphirana, 2012; Kizilaslan, 2006) but whose results encourage the adoption of collaborative system.

These mechanisms are increasingly observed in developing countries (Mukherjee et al, 2017). Algeria is no exception, with this collaborative system gaining ground in some sectors and regions (Issolah et al, 2010; Laouar and Dugué, 2019). But in this context, these mechanisms are rarely discussed. This article attempts, therefore, to conduct a pioneering analysis of these emerging collaborative mechanisms via SNs within the strategic milk sector in Ghardaïa, a region that has experienced great agricultural development in recent years (Ministry of Agriculture and Rural Development – MADR, 1998 and 2015). Our main research question is the following: what is the impact of the use of the SNs on the breeders' performance. It is thus a question to know (i) whether the place that SNs occupy in the sector studied, (ii) the determinants of their use and (iii) to what extent they are able to fill the gap left by the conventional information system.

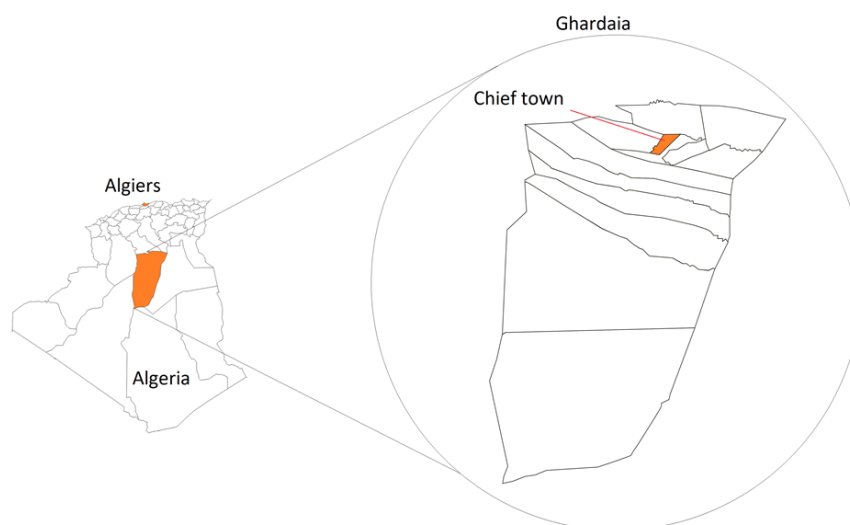
The remainder of the text is organized as follows: The first part describes the study region and provides a review of the literature on the 'standard', or 'conventional', information system in Algeria, its shortcomings, the information needs expressed by farmers and the new information modes that are emerging, including SNs, and then describes the survey conducted among farmers. The second part is devoted to the presentation of the survey results, and the third part is dedicated to the discussion of the obtained results.

2. Context, methodology and surveys

2.1. Study Region

The study region, the wilaya (county) of Ghardaïa, is in a vast arid zone of the Algerian Sahara, 600 km south of Algiers (*Figure 1*). Ghardaïa has a surface area of 8.4 million ha, including a utilized agricultural area of 44 ha

(MADR, DSA¹, 2017). It is characterized by a hyper-arid Saharan climate, which results in high average annual temperatures, sometimes above 45°.



Developed by ourselves using maps from d-maps.com.

Figure 1. Location of the study area

The region's agriculture, formerly dominated by date palms (1.1 million productive palm trees, MADR, DSA 2017), has been gradually transformed and diversified following the implementation of various development policies during the 1980s, notably the law on Accession to Agricultural Land Ownership (APFA - Baroud et al., 2018). New agricultural dynamics based on the exploitation of new sites, underground water and the introduction of new crops with high added value (cereals, market gardening, arboriculture, livestock farming) have been emerging in the region for several decades. In December 2017, Ghardaïa totaled 75 major agricultural investments covering an area of 15.000 ha.

Dairy cattle breeding is one of the new dynamics which is undergoing significant development in Ghardaïa. The volume of milk collected exceeded 13 million liters in 2017 (making it the leader in its region, i.e. 74% of the production of the great Algerian south² - DSA, 2017) to reach 15 million liters during the 2018-2019 campaign. In 2016, Ghardaïa had 2.700 dairy cows spread over 170 dairy farms (according to the DSA).

In Ghardaïa, most herders do not own land (landless livestock farming), which forces them to outsource their cattle feed to other farmers and feed mills. To this dependence is added the absence of a physical market to match supply and demand, so these herders are left to find on their own, the right supplier, check and compare prices and quality.

Concerning dairy cows, the livestock of the wilaya is exclusively made up of modern dairy cattle of imported breeds. Herders in Ghardaïa are also expanding their herd through the purchase of heifers from other local herders. That said, the breeders still express a need for support given their lack of experience working with this breed of cattle in the region and the scarcity of information surrounding it.

As for marketing, it is done entirely through triangular marketing contracts specifying prices and quantities, signed between farmers, private collectors and the 11 dairies present in the wilaya. These contracts are part of a broad national coordination mechanism, contract farming, set up by the state in 2009. The state provides premiums for farmers, collectors and dairies (14.5 and 10 DZD per liter of milk produced, collected and processed respectively, in this framework) in order to encourage them to adhere to these contracts (Daoudi et al., 2017). The dairies have a total processing capacity of 75.500 liters per day (MADR, DSA, 2020), giving them the capacity to absorb the region's production without any difficulty and thus avoid any disposal problems for farmers. In

¹ Directorate of Agricultural Services

² The wilayas of the great south of Algeria are Ghardaïa, Ouargla, El Oued, El Bayedh, Laghouat, Djelfa, Naama, Bechar, Tindouf, Adrar, Taménrasset and Illizi.

Ghardaïa, farmers sell milk at a price between 62 and 64 DZD per liter. From this total price, the dairies are paying farmers 48 to 50 DZD and the rest of 14 DZD is paid by the state (12 DZD plus 2 DZD if the farmer has a health approval) plus 0.5 DZD for each additional gram of fat contained in the milk over the threshold of 34 g per liter (Decision No. 528 of 08 May 2016, MADR).

2.2. Conventional agricultural information system: between stakeholders' expectations and the limits of supply

In Algeria, the content of the information campaigns is developed by the technical institutes (National Institute of Agricultural Extension, Technical Institute of Marshland and Industrial Crops, Technical Institute of Livestock, Technical Institute of Field Crops). The difficulties that these institutes face when transmitting information to the farmers are often observed (Bedrani, 1993, Anseur, 2009; Issolah et al., 2010). This is due to the divergence, both spatial and functional, between these institutes and farmers. Algerian farms, especially those that have emerged in the new agricultural basins, such as Ghardaïa, are widely dispersed in space and are often very far from urban centers, and therefore from state institutions. Lacking the necessary means (transport means, manpower, etc.), state institutions could not manage to ensure proximity support to the farmers. The national average being less than one extension worker per commune (all sectors). This manpower lack does not allow proximity extension, forcing farmers to travel to these institutes to obtain the needed information. Beside the significant internal material difficulties (equipment, laboratories, financing) faced by Algerian technical institutes, the geographical distance between farmers and extension workers also hinders the transfer of information on farmers' needs (Bedrani, 1993; Issolah et al., 2010). This remoteness is increased crucially by the development of agriculture in the Saharan and steppe regions (Bedrani, 1993; Bedrani 1994; Anseur, 2009; Issolah et al., 2010; Assassi et al., 2017).

These findings are validated by dairy cattle breeders in the Bouira, Algiers and Boumerdes regions surveyed by Anseur (2009), who affirm the existence of this gap between the need of information and its supply. These breeders, expressed in particular, the need of precise and urgent information concerning the choice of breeds, animal health, food and reproduction. They qualified the information offer of these institutes as insufficient, out of step and difficult to access (Jargon, dissemination platform, distance from the premises of institutes, absence of delegates, etc.). So, they are therefore forced to incur significant transaction costs, particularly in terms of research, to fill this void. The wilaya of Ghardaïa, by being in the Saharan region, the problem is even greater, in fact the wilaya has 15 extension workers for 16.129 farmers (MADR, DSA, 2018) all sectors combined. It would be worth mentioning that this workforce does not have a vehicle and has not benefited from training dedicated to the mastery of extension approaches nor communication skills. These circumstances have contributed to strengthening exchanges between farmers themselves, particularly via information and communication technologies, to the detriment of those with institutes' experts (Issolah et al., 2010).

2.3. Methodology, data and surveys

This study aims to assess the relevance of SNs as a new mode of access to information by determining the impact of social networks on farmers' economic performance. We first evaluated the use, or not, of SNs. We then studied the determinants of their use. Finally, we evaluated their impact on farmers' performance. For the impact study, we compared the benefits of two groups of farmers, those who use SNs and those who do not. The differences observed were used to identify the factors determining the use of SNs. We then compared these determinants according to different factors, namely the cost structure (feed price, personnel costs, veterinary costs, transport costs, electricity costs) and the determinants of milk yields (quantity and quality of feed, veterinary care and labour). Finally, we highlighted the links between the use of SNs and the differences in input costs, quality and quantity between the two groups studied.

To carry out this methodology, we used analytical methods and some statistical tools:

- The student's t-test is used to characterise the two groups of farmers, and to identify the main differences between them that could explain the use of SNs. The same test was used again to compare performance indicators and technical itineraries (feed, labour, veterinary care) between the two groups of farmers.
- The OLS regression allowed the identification of the production factors that are the most important determinants of the variation in performance.
- Pearson's KHI 2 and Cramer's V tests were used to assess the influence of factors in order to validate results obtained by reading the determinants of SN use.

- A descriptive study and a qualitative reading were used to highlight the information domains sought by farmers and compare them with the types of information found on the SNs.

This approach also allowed us to attribute the differences between the two groups of farmers to the use or non-use of SNs. The implementation of this methodology required several pieces of information from farmers (SNs users, and non-users), namely: their structural characteristics (age, education, etc.), farm functioning, performance (costs, returns and net benefits, etc.) and use of SNs. This information was collected through a face-to-face survey of dairy farmers, users and non-users of SNs during April and May 2019. In the face of the inexistence of an exhaustive list of producers in the region, the study sample was constituted using the snowball method – one respondent leads to another. The only selection criterion was to be a dairy farmer in the wilaya. A sample of 50 users and non-users of SNs was constituted (30% of farmers in the region. in our judgment).

The survey questionnaire is organised in three parts, each with a specific objective. Data from the exploratory surveys, as well as numerous bibliographic works on SNs, were used to construct the content of the three parts (Anseur, 2009; Wyn and Penri, 2017; Bite and Anand, 2017), devoted respectively to the characterisation of the farmers and their farms, the sources of information they use and their performance.

3. Results and Discussion

3.1. Characterization of livestock keepers and analysis of the determinants of the use of social networks

Our sample consisted of two groups: the first is the SNs users, with 31 farmers. The second is the SNs non-users, and it includes 19 farmers. The sample characteristics are presented in *Table 1*. The comparison presented in the Table is based on Student's test. It reveals more differences than similarities. Some differences are significant at the 5% confidence level such as age, internet use, education level and performances.

The others are not significant at the 5% confidence: the practice of plural-activity, forage area, number of cows, number of employees, investment. When compared to non-users, 3 criteria emerge where the differences are crucial: age (the SNs users are younger), the degree of internet « dependency » (the users use the internet more frequently) and the education (the users are more educated). Some of these differences (see *Table 1*), for example: investment, farm size - number of cows and employees - intermediate consumption, when considered with some field observations such as: profiles, risk-taking, objectives, show that the SNs users includes relatively more entrepreneurial farmers.

Table 1. Characterization of livestock owners as users and non-users of social networks

	Non-users of social networks N= 19 (38%)		users of social networks N= 31 (62%)		t-value
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	
Breeder					
Age (years)	52	5.50	37	8.08	6.88***
Internet use (%)	0	0.00	100	0.00	1.00***
Educational level (years)	6	2.23	11	1.99	-5.50***
Practice of multiple activities (%)	0	0.00	0.09	0.30	-1.39
Holding					
Surface area used (ha)	2.58	1.88	14.11	62.35	-0.80
Number of cow	21	16.69	40	55.63	-1.44
Number of employees	2	1.50	3	4.38	-1.15
Investment (DZD)	2.735,789	1.481,010	5.157,096	7.999,910	-1.30
Productive performance					
Total production (l)	148.736	125.515	326.835	434.902	-1.73*
Yield per cow (l)	6.915	418	8.216	664	-7.63**

* Significant at the 10% level; ** Significant at the 5% level; *** Significant at the 1% level.

Furthermore, these results suggest that the use of SNs could be conditioned by certain structural criteria. According to the “technology acceptance model” proposed by Davis in 1989 (Davis et al., 1989), the adoption of technology is conditioned by the perceived usefulness and its ease of use. So the use of SNs in the case study is determined firstly by farmers' needs, and secondly by their ability to access the information available on this platform. Fieldwork shows that approximately 68% of non-SNs farmers do not use these SNs because their lack of familiarity with the new technologies. More than 32% of them show little interest in SNs. In order to obtain information, they mainly turn to professional agricultural organizations that they consider satisfactory. They also exchange information between farmers but in the conventional ways: phone calls and SMS. Nevertheless, it should be stressed that they adopt a collaborative attitude by referring to farmer-to-farmer exchange as a means of information, as indicated in previous work (Issolah et al., 2010).

In addition, livestock farmers using SNs utilize this technology to learn about their field of activity. because of their dissatisfaction with the standard information system (93%), which is considered poorly accessible and moderately relevant. SNs are also in this case as a mean of communication and exchange with other farmers, again for information purposes.

As can be seen from the characterization of the two groups of livestock owners surveyed (*Table 1*), the lack of mastery of SNs can in turn be explained mainly by two factors, namely age and level of education. The use of such platforms requires a minimum level of computer and language skills (Arabic and French in particular). Non-users of SNs are relatively old (15 years older than the users) and poorly educated (5 years less education) and are more likely to encounter difficulties in accessing SNs themselves. The results of Pearson and Carmer's tests, shown in *Table 2*, demonstrate the existence and importance of relationships between the determinants (education and satisfaction with the standard system) and the use of SNs and thus validate these results.

Table 2. Measuring the influence of factors on the use of social networks

	Pearson Chi-Square	Asymp.Sig	Cramer's V	Approx.Sig
Age	26.55*	0.00	0.72***	0.00
Educational level	31.75*	0.00	0.79***	0.00
Satisfaction with the standard system	45.89*	0.00	0.95***	0.00

P<1%* ; V >0.7***

3.2. Characterization of social networks

Overall, the survey highlights three main domains of information sought by livestock farmers, namely innovations (100%), input supply (90%) and animal health (64%). The use of SNs enables livestock owners, most of them are located far from urban centers, to keep abreast of technical progress. Regarding supply, livestock owners aim to have access to inputs that are cheaper and have a better quality. The inputs concerned are essentially related to livestock feed, particularly green fodder and concentrated feed. At this level, livestock owners are trying to widen their circle of input providers by broadening their networks via SNs in order to maximize choices whenever a supply operation is planned. Another priority in which SNs are used is to look after recruitment, by searching for skilled labour. In terms of health, livestock farmers seek information on preventive monitoring and damage control, in order to react quickly in the event of health problems or digestive pathologies, which are very detrimental to production, or even the life of the animal.

The respondents also state that the information available on SNs mainly concerns the latest breeding techniques adopted and the latest technological inventions (96%). By using SNs, livestock farmers say they have access to a more abundant supply at competitive prices (70%), particularly in terms of animal feed, spare parts and second-hand equipment, and even acquire "soft" veterinary knowledge (93%) enabling them to diagnose certain pathologies (lameness and digestive disorders) and react quickly. Even labour recruitment (45%) seems to be much more attractive in the SNs than in the conventional labour market, both in terms of the number and nature of qualifications offered and the wages demanded.

Among the wide range of SNs available on the web, Facebook and YouTube seem to be the favored by our sample of breeders. YouTube is appreciated for its illustrative videos, while on Facebook there are different platforms: pages, groups, people and marketplace. The totality of farmers who are using SNs adhere to groups on Facebook, of which

the best known are (i) "agriculture in Algeria", used by 52% of respondents and totaling more than 19.000 members with an average of 60 publications per day, (ii) and "milk producers in Algeria", used by 48% of respondents and with 20.000 members making an average of 50 publications per day.

In order to understand this new behaviour, it is necessary to take a closer look at the mechanisms underlying the functioning of SNs; the creation of content, knowledge sharing and exchange (Casey et al., 2016), and above all, the free provision of services and the possibility of reaching a maximum audience.

The two Facebook groups we are interested in are specialized groups with an agricultural or dairy production theme. It should be remembered that these are public groups where all members can express an offer or a request free of charge. In addition to the groups, farmers also consult the specialized pages (92%) for information related to their activity. The specialized pages differ from the groups in that members are not free to publish, but they can freely access, comment and share information published by the page moderators, usually experienced farmers.

On SNs, information has a viral effect. Because it is free, it spreads rapidly to reach a maximum audience in record time. This lightens the information quest for the breeder and saves him precious time and money.

Unlike farmers and herders in many countries, who have access during their working day (Casey et al., 2016), the surveyed farmers have to adapt to unpleasant experience of the unavailability of the internet network at site (in the farm) where the information is mostly needed, forcing them to delay the search until they go back home (generally after 8 pm). Resulting in a reduction of the responsiveness of herders to the problems they may encounter during the day while working.

3.3. Effects of social networks on livestock performances

On average, SNs-using farmers make a much higher net profit per cow than non-SNs users; 170.000 DZD compared to 78.000 DZD. The same is true for the net profit per liter of milk - respectively 20 DZD versus 11 DZD. It should be recalled that the selling price is the same for all farmers, i.e. 62 DZD per liter. This price is set by the state within the framework of contract farming and is practiced by all actors in Ghardaïa. Overall, variations in profit are explained by both production costs and yields per cow. The correlation coefficient between variations in costs and variations in profits per cow is -66%. The correlation coefficient between changes in yields and profits per cow is 92%. In order to assess the effect of SNs on profits, we first need to determine the nature of their influence on these two determinants, costs and yields.

A comparison of the production costs per cow of users and non-users of SNs using the student test shows a slight difference. This difference is significant at the 5% confidence level. These annual costs are 339.000 DZD per cow for SNs users and 351.000 DZD per cow for non-users. Respondents point to a positive effect of SNs on the prices of certain inputs. A comparison of the structure of these costs, including feed and electricity, which is considered one of the main expenses in dairy cattle farming (Delice et al., 2021), presented in *Table 3*, reveals significant differences. These concern green fodder costs at the 1% level and concentrate feed costs and personnel costs at the 5% level.

Table 3. Comparison of cost structure per dairy cow between the two groups of farmers

	Non-users social networks		Users social networks		t-value
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	
Green fodder (DZD)	114.000	10.000	114.000	7.000	- 0.03***
Concentrated feed (DZD)	171.000	14.000	175.000	11.000	- 0.97**
Veterinary care (DZD)	4.000	946	3.000	930	1.14
Staff costs (DZD)	48.000	26.000	35.000	15.000	2.17**
Transport load (DZD)	6.000	2.000	4.000	3.000	1.42
Electricity charge (DZD)	5.000	2.000	4.000	2.000	0.79

* Significant at the 10% level; ** Significant at the 5% level; *** Significant at the 1% level.

Differences in feed costs are small. On the other hand, the difference noted for staff costs is significant and amounts to 37%. On average, farmers using SNs manage to save 13.000 DZD per cow a year - what kind of relationship with SNs?

Livestock farmers who are using the SNs assert their preference for recruitment via digital web platforms. They note that this is the main method of recruitment, especially for seasonal employees. They explain these preferences by the more abundant and interesting offer in terms of qualifications and salary. Indeed, seasonal employees interested in short-term recruitment (students, pupils, holidaymakers) offer their services on the SNs to quickly access jobs. The latter are generally less demanding in terms of salary. Beside the effect of SNs on labour costs, by making it easier for livestock keepers to find work, SNs also reduce transaction costs (recruitment, search for inputs).

As shown in *Table 1*, a significant difference of 5% is also noted between the yields per cow of SNs users and non-users, which are the most important determinant of income. To nuance the relationship between SNs and yields, we first tried to detect the most important determinants of yields and then compare the combinations of inputs of SNs users and non-users. The results of the OLS regression, which attempts to explain the variations in yields by those of the production factors considered to be determining factors, by the experts (technicians and farmers), presented in *Table 4*, show a significant positive effect of concentrated feed, working time and veterinary care. This means that a variation in these elements induces a significant variation in milk yields.

Table 4. Determinants of milk yield per cow

Model	Non-standardised coefficients		Standardised Coefficients	t-value
	B	Standard error		
(Constant)	4,931.17	2,722.79		1.81*
Green fodder (kg per year)	0.04	0.18	0.02	0.20
Concentrated feed (kg per year)	0.94	0.38	0.33	2.45***
Veterinary care (number of visits per year)	-361.88	177.01	-0.26	2.04**
Working hours (h)	-1.54	0.59	-0.33	2.60***

* Significant at the 10% level; ** Significant at the 5% level; *** Significant at the 1% level.

The quantities (and/or qualities) of the most important inputs determining yields (concentrated feed, care and labour), used by SNs users and non-users, are compared. The result (*Table 5*) shows that only the difference in the consumption of concentrated feed, which is the most important determinant of yields, is significant at the 5% confidence level - what kind of relationship with SNs?

Table 5. Comparison of production factors per dairy cow between the two groups of farmers

	Non-users social networks N= 19 (38%)		Users social networks N= 31 (62%)		t-value
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	
Concentrated feed (kg per year)	4,089	351	4,177	285	-0.97**
Veterinary care (number of visits per year)	2.79	0.63	2.58	0.62	1.14
Working hours (h)	321	216	281	169	0.71

* Significant at the 10% level; ** Significant at the 5% level; *** Significant at the 1% level.

Non-users of SNs note difficulties in accessing the necessary amounts of concentrated feed, especially during certain suture periods. For their part, SNs users report that problems with the availability, quantity and even quality of such feeds are reduced considerably as a result of using SNs. SNs can be used to act mainly on two parameters:

- Informational monitoring: SNs allows users to have a better visibility on the state of the input market insofar as they can be informed on the evolution of supply in more or less real time. Certain elements, accessible free of charge, are more or less reliable indicators, such as the quantities put up for sale by input producers and alerts issued by livestock owners in other regions. This information enables livestock owners in the region to take preventive measures and avoid stock shortages (early searches, spatially oriented searches, stock building).
- Access to more abundant supply: The SNs have enabled users to build up highly developed networks of suppliers over time. According to the respondents, these networks generally include suppliers from the

wilaya of Ghardaïa as well as from neighboring wilayas and sometimes even from distant wilayas. At the time of the transactions, livestock owners using SNs consult a relatively larger number of suppliers in a short time (Expression of a request on the groups and rapid contact). Even during periods of low supply, having access to many suppliers still enables the livestock owners in question to purchase the quantities they need. This means that supply from SNs rather than the conventional informational system, usually small and slow channels, greatly reduce the risk of unavailability.

4. Conclusions

Private alternatives to standard agricultural information systems are emerging significantly, especially in developing countries where markets are the most imperfect. The most important of these alternatives consists of collaborative systems emerging via social networks (SNs). The emergence of this new mode to access information has resulted in the rise of many debates, both academic and developmental, concerning its current place in the local production system and its capacity to fill the gap left by the conventional information system. This study contributes to this debate by evaluating the impact of SNs on the performance of dairy farmers in Ghardaïa, Algeria.

The results of our study show the place occupied by the SNs, which are used by 62% of our sample, with free access, but remains conditioned by structural characteristics specific to the farmer, namely, age and level of education. The importance of SNs is reflected in their positive impact on the performance of the farms surveyed. Indeed, the difference in annual net profit per dairy cow of SNs users compared to non-users is very significant (more than 92.000 DZD). These variations in profit can be explained by both production costs and yields per cow.

Firstly, SNs users make significant savings on annual costs per cow amounting to 13.000 DZD; these savings are achieved through better information collected on the SN. Indeed, the descriptive and statistical analysis carried out showed that the information provided by the SNs mainly allowed farmers to reduce their labour costs. Secondly, among the determinants of milk yields, the quantity (and quality) of concentrate feed seems to be the most important one, and the SNs allow farmers to access better offers (wider choice, better quality products and better prices) especially for this feed, which has the effect of improving the yield of their farms.

It should also be noted that the social networks used by our breeders are popular social networks (such as Facebook and YouTube) and not professional, the information circulating there is not controlled a priori and is not necessarily complete. This is in contrast to institutionalised collaborative systems, where information is provided and validated by experts. In spite of this fact, this information can significantly improve the performance of farms.

It should be mentioned that other factors, independent of the SNs, also explain these significant differences in profit, notably the relatively more entrepreneurial nature of SNs users. This entrepreneurial attitude affects investment, technical itinerary, risk-taking and thus performance.

Most of the results obtained are in line with those put forward in the literature by similar works, describing (i) the nature of this information system (Facebook and YouTube - Bite and Anand, 2017; Wyn and Penri, 2017), (ii) the elements constraining its development (Difficulties in use by older and less educated farmers - Wyn and Penri, 2017) and (iii) asserting its positive effects on costs and yields, and thus on farmers' productive and economic performance (Casey et al. 2016; Wyn and Penri 2017; Bite and Anand 2017). A difference is however noted with the results of other studies, it concerns the time of consultation of SRs by our farmers (Casey et al., 2016).

The potential of SNs seems clear. They allow better supply/demand matching, faster dissemination of information and cheaper access to information. However, two main limitations of this collaborative system in Ghardaïa should be mentioned, namely (i) the difficulties in using them and (ii) the limited availability and reliability of technical information. Difficulties of use constitute a major limitation since they concern intrinsic elements of the operation, which are difficult to change. The second limitation is a direct consequence of the horizontal organization of this collaborative system, based on exchanges between actors of the same category (farmers) in the absence of an information-producing actor. To make better use of these platforms and make SNs a real information system complementary to the conventional system, these limits must be overcome. To do so, several actions are possible, such as (i) to upgrade farmers' knowledge enabling them to use of information and communication technologies, (ii) the twinning of conventional linear systems and collaborative systems in order

to give a vertical dimension to the latter and/or (iii) the creation of digital platforms for collecting and disseminating information specific to state institutes to serve as an information production and verification body for the collaborative system. The implementation of these solutions requires a deepening of knowledge on the use of SNs in agriculture. The Other issues, such as the twinning models to be adopted, the farmer upgrading actions to be carried out and the organizational model to be set up, therefore deserve to be addressed in the future.

References

- Allen K., Abrams K., Meyers C., and Shultz A. (2012). A Little Birdie Told Me About Agriculture: Best Practices and Future Uses of Twitter in Agricultural Communications, *Journal of Applied Communications* 94 (3 & 4): 6-21.
- Anseur O. (2009). Les pratiques informationnelles des agriculteurs en Algérie : Quelle place pour le travail collaboratif ? 7th Colloquium of the French chapter of ISKO Collective intelligence and knowledge organisation. 24th-26th June. Lyon, France.
- Assassi S., Daoudi A., Lejars C. (2017). Les profits « excessifs » des commerçants de fruits et légumes en Algérie : réalité ou préjugé infondé ? Le cas de la tomate primeur à Biskra. *Cahiers Agricultures* 26 : 25002.
- Assassi S., Daoudi A., Colin JPh. (2020). Quelle place pour les petits exploitants dans l'agriculture contractuelle ? Le cas de la tomate industrielle en Algérie. *Cahiers Agricultures* 29 : 26.
- Baroud K., Colin JPh., Daoudi A. (2018). La politique d'accès à la propriété privée des terres mises en valeur en zones arides en Algérie. Éléments de discussion. *Économie rurale* 363 : 81-98.
- Bedrani S. (1993). La vulgarisation agricole au Maghreb : essai de synthèse d'un séminaire. *Cahiers Options Méditerranéennes* 2 (1) : 3-11.
- Bedrani S. (1994). L'état et la vulgarisation agricole. *Cahiers Options Méditerranéennes* ; 2(4) : 5-12.
- Bite B., Anand A. (2017). A Study on Role of Social Media in Agriculture Marketing and its Scope. *Global Journal of Management and Business Research: E Marketing* 17 (1): 33- 36.
- Casey M.J., Meikle A., Kerr G., Stevens D. (2016). Social media – a disruptive opportunity for science and extension in agriculture? *Hill Country – Grassland Research and Practice Series* 16: 53-60.
- Daoudi A., Colin JPh., Terranti S., Assassi S. (2017). L'agriculture contractuelle en Algérie: radiographie de dispositifs public-privé, 33rd Development Days of the Third World Association. 22, 23 and 24 May. Brussels, Belgium.
- Davis F., Bagozzi R., Warshaw PR. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science* 35(8):982-1003.
- Delice H., Yashoglu E. (2021). The Effect of Building Orientation on Utilization of Solar Energy in Dairy Cattle Barns. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. September 2021, 18(3). DOI: 10.33462/jotaf.799558.
- Demiryurek K., Erdem H., Ceyhan R., Vysal O. (2008). Agricultural information systems and communication networks: the case of dairy farmers in the Sansun province of Turkey. *Information Research*, ISSN-e 1386-1613, vol 13 N° 2.
- Galtier F., David-Benz H., Subervie J., EGG J. (2014). Les systemes d'information sur les marchés agricoles dans les pays en developpement: nouveaux modèles, nouveaux impacts. *Cahiers Agricultures*. 23 (4-5) : 241-258.
- Goulet F. (2011). Accompagner et vendre. Les firmes de l'agrofourniture dans l'innovation et le conseil en agriculture. *Cahiers Agricultures* 20 : 382-386.
- Hansen J. P., Melby Jespersen L., Brunori G., Leck Jensen A., Holst K., Mathiesen C., Halberg N., Ankjær Rasmussen I. (2014). ICT and social media as drivers of multi-actor innovation in agriculture. *World Conference on Computers in Agriculture and Natural Resources*. July 27th-30th. San Jose, Costa Rica.
- Issolah R., Anseur O., Sor J. (2010). Knowledge society and collective intelligence. Factors in capacity-strengthening in African countries. 3d International Conference on Information Systems and Economic Intelligence. February 18-20. Sousse, Tunisia.
- Kizilaslan N., Agricultural information systems: a national case study. *Library review*. 55 (8): 497-507.
- Laouar N., Dugué P. (2019). Acteurs privés dans le conseil agricole : le secteur maraîcher en Algérie. *Grain de sel* 77 (1) : 19-20.
- Ministry of Agriculture and Rural Development (MADR), *Agricultural Statistics*, 2015, 2017, 2018, 2020.
- Mukherjee A., Joshi P., Sharma N., Rakcha, Mahra G. (2017). Social media in agriculture: a new paradigm for extension and advisory services. *Indian Farmers Digest*: 4-7.
- Ramezani M., Papzan A. (2021). Investigating the Causes of Entrepreneurs Failure to Start-up Greenhouse Business in Isfahan Province, Iran. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* May 2021, 18(2)
- Ruttan V., Hayami Y. (1984). Towards a Theory of Induced Institutional Innovation. *Journal of Development Studies* 20 (4): 203-223.
- Vidanapthirana N. (2012). Agricultural information systems and their applications for developement of agriculture and rural community, a review study. 35th information systems research. *Seminar in scandinavia-IRIS* (vol.1, pp 1-14).
- Wyn M., Penri J. (2017). Social Media, an Entrepreneurial Opportunity for Agricultural Based Entreprises. *Journal of Small Business and Enterprise Development* 24 (4): 1028-1045.

Kirece Bir Alternatif Olarak Şlam Uygulamasının Asit Reaksiyonlu Toprakta Biber (*Capsicum annuum* var. *Cerasiforme*) Bitkisinin Beslenmesine Etkileri


The Effects of Vinasse Application as an Alternative to Lime on Nutrition of Pepper Plant (*Capsicum annuum* var. *Cerasiforme*) in an Acidic Soil


Bülent YAĞMUR^{1*}, Bülent OKUR², Nur OKUR³


Öz

Bu çalışmada; farklı form, miktar ve kombinasyonlarda kireçleme materyalleri (granül ve toz) ile şeker fabrikası atığı şlam uygulamalarının asit reaksiyonlu bir toprağın pH, mineral madde içeriği ile biber bitkisinin verim ve besin madde içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma saksı denemesi şeklinde serada yürütülmüştür. Araştırma materyali toprağın pH'sını bir birim yükseltmek için (pH 5.50'den pH 6.50'e) gerekli olan kireç ihtiyacı hesaplandıktan sonra deneme konuları oluşturulmuştur. Deneme konuları K (Kontrol), TK (Toz Kireç; %90 CaCO₃, %5 MgCO₃), GK (Granül Kireç; %90 CaO), ŞL (Şlam), ¼ TK+¾ ŞL, ½ TK+½ ŞL, ¾ TK+¼ ŞL, ¼ GK+¾ ŞL, ½ GK+½ ŞL ve ¾ GK+¼ ŞL şeklinde saptanmıştır. Araştırmada toprak pH'sını bir birim yükseltmek için yapılan hesaplama sonucunda saksılara 300 kg. da⁻¹ hesabı ile kireç uygulanmış ve saksılar bir ay süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Saksılara biber fidesi dikiminden önce temel gübreleme (N, P, K) yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; toprak pH'sının yükselmesinde en fazla etkili uygulama toz kireç olmuş, granül kirecin ise şlam ile aynı etkiyi gösterdiği saptanmıştır. pH'sı 5.50 olan kontrol toprağının pH'sı TK uygulaması ile 6.42'ye, ½ TK+½ ŞL uygulaması ile de 6.41'e kadar çıkarılması sağlanmıştır. Uygulamalar gerek toprağın makro ve mikro (toplam N, faydalı P, Ca, Fe ve Zn) gerekse bitkinin makro ve mikro besin element (toplam N, P, Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerini kontrole oranla önemli oranlarda artırmıştır. Biber verimini artıran ilk üç uygulama ise TK > ŞL > GK şeklinde bir sıralama göstermiştir. Araştırma sonucunda asit reaksiyonlu topraklarda kireç uygulamalarının yanı sıra, şlamın da alternatif bir kireç materyali olarak tarımsal alanlarda kullanılabilme potansiyeli bulunduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: pH, Toz kireç, Granül kireç, Şlam, Biber, Toprak, Verim, Besin maddesi

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bülent YAĞMUR, E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova, İZMİR., E-mail: bulent.yagmur@ege.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7645-8574

Bülent OKUR, E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova, İZMİR. E-mail: bulent.okur@ege.edu.tr  OrcID: 0000-0002-6829-3749.

Nur OKUR, E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova, İZMİR. E-mail: nur.okur@ege.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7796-1227.

Atıf/Citation: Yağmur B, Okur B, Okur N. Kirece Bir Alternatif Olarak Şlam Uygulamasının Asit Reaksiyonlu Toprakta Biber (*Capsicum annuum* var. *Cerasiforme*) Bitkisinin Beslenmesine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 636-648.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

This study was carried out to investigate the liming materials (granule and powder) with the different form, amount and combinations and sugar beet factory waste (vinasse) on pH, mineral matter content of an acid soil and the yield and nutrition of pepper plant. The experiment was carried out in pots under greenhouse conditions. Lime required to neutralize the total acidity of the soil (6.5 from 5.50) was calculated and then the experiment subjects were determined as follows K (Control), PL (Powder Lime; %90 CaCO₃, %5 MgCO₃), GL (Granular Lime; %90 CaO), V(Vinasse), $\frac{1}{4}$ PL+ $\frac{3}{4}$ V, $\frac{1}{2}$ PL+ $\frac{1}{2}$ V, $\frac{3}{4}$ PL+ $\frac{1}{4}$ V, $\frac{1}{4}$ GL+ $\frac{3}{4}$ V, $\frac{1}{2}$ GL+ $\frac{1}{2}$ VL and $\frac{3}{4}$ GL+ $\frac{1}{4}$ V. To increase pH of soils, 300 kg.da⁻¹ lime was applied and then the experiment soils were incubated for one month. N, P, K as basic fertilization was applied by mixing the soil before planting. According to the results; the most effective application in increasing soil pH was powder lime, and granular lime had the same effect with slime. The pH of the control soil with a pH of 5.50 has been increased to 6.42 with TK application and 6.41 with TK + $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ application. The applications significantly increased the total N, available P, Ca, Fe and Zn contents of the soil and the total N, P, Fe, Cu, Zn and Mn contents of the plant compared to the control. The first three applications that increase pepper yield showed a ranking as TK> $\frac{1}{4}$ > VK. According to the results, it determined that vinasse can be used as an alternative lime material in agricultural fields besides lime applications in acid reaction soils.

Keywords: pH, Powder lime, Granule lime, Vinasse, Pepper, Soil, Yield, Plant nutrient

1. Giriş

Toprak pH'sı (reaksiyonu), bitki gelişimi üzerinde doğrudan etkisi olan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri üzerinde önemli bir etkisi olan bir parametredir. Toprak verimliliği ve bitkisel üretkenlik, toprak pH'sı ile yakından ilişkilidir. Tarımsal üretim genellikle hafif asidik ile hafif alkali toprak reaksiyonlarında gerçekleştirilir ve bu pH aralığında besin maddeleri topraklarda optimal düzeylerde bulunur. Tüm topraklarda iz elementlerin eriyebilirliği, hareketliliği ve biyo yararı, pH tarafından çok kuvvetli bir şekilde etkilenmektedir. Kuvvetli asit veya alkalin topraklarda besin maddelerinin yararı azalır ve bu durum bitki gelişimini kısıtlar. Bitkilerin ekstrem pH düzeylerine toleransları farklılık gösterse de bir çok kültür bitkisi nötrale yakın bir pH'da optimum performans gösterir (Läuchli ve Grattan, 2012). Bitkisel üretim sırasında veya öncesinde ve sonrasında toprak yönetimi ile ilgili tüm yönetim biçimleri (toprağın işlenmesi, gübre veya kireç uygulaması gibi) ve iklim değişkenleri (yağmur gibi), topraktaki pH değişimi ile yakından ilgilidir. Toprak reaksiyonunun asitleşmesi diğer toprak özelliklerinin de bozulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle gerekli önlemlerle pH değerlerinin optimum düzeylere getirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde toprakların asitleşmesi sonucu mevcut bitkisel üretimde kayıpların meydana gelme olasılığı yüksektir.

Asidik toprakların yönetimi, bu toprağın üretim potansiyelinin geri kazanılmasını sağlamak için dolaylı ve doğrudan çeşitli araçların uygulanmasını gerektirir. Doğrudan uygulamalar, optimum bitkisel üretim için toprakların kireçlenmesi ve bazı tarımsal uygulamaların manipülasyonunu içerir (Yirga ve ark., 2019). Kireçleme, asit reaksiyonlu toprakları yönetimde bilinen en önemli yöntemlerinden birisidir. Genelde saf kalsiyum karbonata yakın düzeyde Ca içermesi nedeniyle, kireç aynı zamanda toprağa önemli miktarda Ca'un girmesine neden olmaktadır. Bir bitki besin maddesi olması nedeniyle kalsiyum, hem biyokimyasal hem de fonksiyonel etkili olup ayrıca bitkinin stres koşullarına dayanıklılığını artırması açısından da önemli bir role sahiptir. Karabulut ve Bellitürk (2013) farklı Mg kaynaklarını uyguladıkları asit reaksiyonlu topraklarda mısır bitkisinin potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinin toprak bünyesine göre farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Tarım topraklarında genellikle yeteri kadar kalsiyum bulunmasına rağmen asit reaksiyonlu ve yıkanma özelliği yüksek kum bünyeli ve baz doygunluğu düşük topraklarda yetiştirilen bitkilerde kalsiyum eksikliği ortaya çıkabilmektedir (Karaman ve ark., 2012).

Asit topraklara verilecek kireç miktarını hesaplarken toprağın pH'sının yanında değişebilir katyonlar ve baz doygunluk oranının da bilinmesi gerekir (Altınbaş ve ark., 2016). Ayrıca toprağın kil tipi, organik madde içeriği, bünyesi, bitkinin pH isteği, uygulanacak kireçleme materyalinin saflık derecesi ve parça büyüklüğü de önemlidir. Tarım topraklarının kireçlenmesinde; kireç, dolomit, kalsiyum oksit ve kalsiyum hidrosittir en çok kullanılan kireçleme materyalleridir. Kireçleme amacıyla kullanılan materyallerde Ca ve Mg elementlerinin bulunması yeterli olmayıp, aynı zamanda mevcut anyonların da bitki besin elementlerin alınabilirliğini sağlayan toprak çözeltisinde bulunan hidrojen ve alüminyum iyonlarının aktivitesini azaltacak özelliğe sahip olması da gerekmektedir. Başka bir ifadeyle kireçlemede kullanılan kimyasalın toprak çözeltisinde bulunan iyonları nötrleştirmesi gerekmektedir (Msimbira ve Smith, 2020). Asit reaksiyonlu toprakların ıslahında kireç, dolomit, kalsiyum oksit ve kalsiyum hidrosit gibi kireçleme materyalleri dışında ayrıca çimento, çelik ve kağıt endüstrisi atıkları, bazı deniz canlılarının ve salyangoz gibi hayvanların kabukları, kalsiyum ve magnezyum silikat içeren cüruf, şeker fabrikası atığı şlam ve doğal kalsitik kireç gibi alternatif kaynaklar da kullanılmaktadır (González-Fernández ve ark., 2004; Castro ve Crusciol, 2013).

Şeker pancarını işleyerek şeker elde edilmesi esnasında şeker fabrikası sanayi atığı olarak ortaya çıkan şlam, ham şerbetin kireç sütü (CaO) ile muamele edilmesi sonucunda elde edilen ve organik ve inorganik bileşiklerden oluşan bir maddedir (Özen ve Arat, 1999, Özyazıcı, 2014). Bu atık ya sulandırılarak derelere verilmekte veya çöktürme çukurlarında toplanmaktadır (Aksoy ve Danışman, 1989). Şlam, CaCO₃ (kalsiyum karbonat % 70) ve organik madde içeriği yüksek bir atık materyaldir. Bu nedenle şlamın asit reaksiyonlu toprakların ıslahında kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır. Böylece bir atık durumunda bulunan şlamın çevre kirliliğine neden olmadan tarım topraklarında değerlendirilmesi söz konusu olacaktır.

Bu çalışmada, asit reaksiyonlu topraklarda öncelikle pH derecesini optimal düzeye getirmek için uygulanabilecek kireç formlarının belirlenmesi, ve ayrıca şeker sanayi atık ürünü olarak bilinen şlamın kireçleme materyallerine alternatif bir materyal olup olmayacağı ve tüm bu uygulamaların biber bitkisinin gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

İzmir ili Ödemiş ilçesindeki bir üretici tarlasından 0-30 cm derinliğinden alınan yüzey toprağı araştırmanın toprak materyalini oluşturmuştur. Hava kurusu hale getirilen ve elenen topraktan fiziksel ve kimyasal analizler için yeterli miktar ayrıldıktan sonra geri kalan kısmı saksı denemesinde kullanılmıştır. Orta derecede asit reaksiyona sahip deneme toprağına ait analiz sonuçları *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal özellikleri
Table 1. Physical and chemical properties of soil sample

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler	Sonuç	Yorum
pH (1:2.5 su)	5.55	Orta Derecede Asit
Toplam Tuz (%)	0.037	Sorun yok
Kireç (CaCO ₃) (%)	1.21	Kireççe fakir
Kum (%)	72.00	
Silt (%)	14.00	
Kil (%)	14.00	
Bünye	Kum-Tın	
Toplam Organik Madde (%)	1.94	Fakir
Toplam Azot (N) (%)	0.086	Orta
Fosfor (P)	10.80	Yeterli
Potasyum (K)	178	Fakir
Kalsiyum (Ca)	960	Orta
Magnezyum (Mg)	70.0	Yeterli
Sodyum (Na)	19.80	Sorunsuz
Demir (Fe)	7.16	Yeterli
Çinko (Zn)	1.27	Yeterli
Bakır (Cu)	0.94	Yeterli
Mangan (Mn)	17.91	Yeterli

Araştırmada kullanılan kireç materyalleri(%90 saflıkta granül (CaO) ve toz (CaCO₃+%5 MgCO₃) tarım kireci) Kimtaş Kireç San. Tic. A.Ş. firmasından, şlam ise Susurluk Şeker Fabrikasından temin edilmiştir. Kuvvetli alkalın reaksiyona sahip şlam materyalinin (Özyazıcı, 2014) diğer kimyasal özellikleri *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Kireçleme materyali olarak kullanılan şlamın kimyasal özellikleri
Table 2. Chemical properties of vinasse used as liming material

Parametreler	Sonuç	Yorum
pH	9.45	Kuvvetli alkalın
Toplam Tuz (%)	0.046	Tuzsuz
Kireç (CaCO ₃) (%)	80.41	Çok fazla Kireçli
Toplam Organik Madde (%)	3.40	İyi
Toplam Azot (N) (%)	0.045	Fakir
Faydalı Fosfor (P) (mg kg ⁻¹)	2.20	Yetersiz
Faydalı Potasyum (K) (mg kg ⁻¹)	78.4	Yetersiz
Faydalı Kalsiyum (Ca)(mg kg ⁻¹)	5242	Yüksek
Faydalı Magnezyum (Mg) (mg kg ⁻¹)	157.4	Yeterli
Faydalı Sodyum (Na) (mg kg ⁻¹)	29.18	Yeterli
Faydalı Demir (Fe)(mg kg ⁻¹)	26.04	Yeterli
Faydalı Çinko (Zn) (mg kg ⁻¹)	0.12	Yetersiz
Faydalı Bakır (Cu) (mg kg ⁻¹)	0.31	Yetersiz
Faydalı Mangan (Mn) (mg kg ⁻¹)	2.40	Yeterli

Araştırmanın bitki materyalini ise meyveleri oval, yuvarlak, küre şeklinde veya uzunca yassı sivribiber şeklinde olan *Capsicum annuum* var. *cerasiforme* çeşidi kiraz biberi oluşturmuştur. Arnavut biberi olarak adlandırılan bu biber çeşidinin meyvelerinin uzunlukları 2-3 cm olup çapları 1-1.5 cm arasındadır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Sakı denemesi

Orta derecede asit reaksiyona sahip deneme toprağının kireç ihtiyacı Dunn yöntemine göre belirlenmiştir. Bu tip topraklara uygulanacak kireç ihtiyacının belirlenmesinde en çok kullanılan ve en uygun yöntem bu yöntemdir (Dunn, 1943). Araştırma toprağının kireç ihtiyacı hesaplanmasında 5.55 olan toprak pH'sını 6.5'a çıkarmak amaçlanmıştır. Buna göre araştırmada uygulanan deneme konuları ve uygulanan kireç miktarları ile oranlar *Tablo 3*'de verilmiştir

Tablo 3. Deneme konuları ve kireç materyallerinin uygulama miktarları
Table 3. The experiment subjects and the amount of applications of liming materials

Uygulamalar	Uygulama miktarları (kg. da ⁻¹)
1-K (Kontrol)	0
2-¼ TK+¾ ŞL	75+280
3-½ TK+½ ŞL	150+187
4-¾ TK+¼ ŞL	22.5+287
5-¼ GK+¾ ŞL	75+280
6-½ GK+½ ŞL	150+187
7-¾ GK+¼ ŞL	22.5+280
8-TK (Toz Kireç)	300
9-GK (Granül Kireç)	300
10-ŞL (Şlam)	373

Deneme 4 kg toprak alan toplam 30 adet plastik saksıda sera koşullarında yürütülmüş, tesadüf parselleri deneme desenine planlanmıştır. *Tablo 3*'de verilen kireç ve şlam miktarları uygulandıktan sonra saksılar 30 günlük bir inkübasyona bırakılmışlardır. Sakı ağırlıkları iki gün ara ile tartılarak tarla kapasitesine gelinceye kadar, eksik olan su miktarı saksılara ilave edilmiştir. Biber tohumları fide yetiştirme ortamı olan torf-perlit ortamında çimlendirilip fide haline geldikten sonra uygulama saksılarının her birine iki adet olacak şekilde 30 günlük inkübasyon süresi sonunda şaşırtılmıştır. Fide şaşırtması yapılmadan önce saksılara temel gübreleme olarak amonyum sülfat (%21 N), TSP (%43 P₂O₅) ve potasyum sülfat (%50 K₂O) gübreleri kullanılarak; 200 mg.kg⁻¹ N; 100 mg.kg⁻¹ P₂O₅ ve 250 mg.kg⁻¹ K₂O olacak şekilde gübreler toprakla iyice karıştırılarak uygulanmıştır. Ayrıca daha sonra üst gübre olarak her saksıya 50 mg.kg⁻¹ N olacak şekilde amonyum nitrat gübresi (%33 N) uygulanmıştır. Araştırmada uygulamaların yapıldığı saksılar her gün tartılmak suretiyle başlangıçta su tutma kapasitesinin % 60'ı olacak şekilde eksilen su verilerek sulama yapılmış ve vejetasyon süresi içerisinde bu miktar su tutma kapasitesinin %80'ine çıkarılmıştır. Sera koşullarında 4 ay sürdürülen çalışmada sakı verimini belirlemek için saksılardan hasat zamanlarında toplanan biber meyveleri tartılarak meyve verimleri belirlenmiş ve ayrıca uygun yaprak alma döneminde saksılardan alınan yaprak örneklerinde makro ve mikro besin element miktarları tespit edilmiştir (*Şekil 1* ve *2*). Ayrıca deneme sonunda alınan toprak örneklerinin de pH ile birlikte makro ve mikro besin element miktarları belirlenmiştir.

2.2.2. Bitki örneklerinin kimyasal analiz yöntemleri

Araştırmada konusu saksılardan tekerrürlü olarak alınan yaprak örnekleri yıkanıp temizlendikten sonra 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya kurutma dolabında bekletilerek kurutulmuştur. Kurutma sonucunda sabit ağırlığa erişen yaprak örnekleri öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Analize hazır hale getirilen bitki örneklerinde makro ve mikro besin elementleri sırasıyla, toplam azot makro Kjeldahl yöntemiyle; yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen bitki ekstraktlarında; toplam P kolorimetre, toplam K, Ca, Na alev fotometresi, toplam Mg, Fe; Cu, Zn ve Mn ise atomik absorpsiyon spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Kacar, ve İnal 2008).



Figure 1. Pepper plants in the pot experiment
Şekil 1. Saksı denemesi biber bitkileri



Figure 2. Pepper fruits in the pot experiment
Şekil 2. Saksı denemesi biber meyveleri

2.2.3. Toprak örneklerinin kimyasal analiz yöntemleri

Hasat sonrası deneme saksılarından alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. pH ve suda çözünür toplam tuz saf su ile satüre edilen (1:2.5) saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ve satüre toprak macununun elektriksel geçirgenliğinin EC-metre cihazında ölçülmesi ile kireç (CaCO₃) ise volümetrik olarak Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Toprak örneklerinde bünye (kum, mil, kil) hidrometrik yöntemi ile organik madde yaş yakma yöntemi uygulanarak saptanmıştır. Toplam N, Kjeldahl yöntemi ile faydalı P, sodyum

bikarbonatın kullanıldığı ekstraksiyon yöntemi ile kolorimetrik olarak, faydalı K ve Ca, 1 N Amonyum Asetat (pH=7,0) çözelti kullanılarak elde edilen ekstraktın alev fotometresinde okunması ile, aynı ekstrakta magnezyum ise atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçülerek, faydalı demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri toprak örneklerinin DTPA + TEA ile ekstraksiyonu sonrası süzüğün atomik absorpsiyon spektrometrede okunması suretiyle tayin edilmiştir (Kacar, 2016)

2.2.4. İstatistik değerlendirme yöntemi

Kireç uygulamalarının bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi faktöriyel olarak ANOVA analizi ile test edilmiştir. Ortalama değerlerin karşılaştırması ise LSD'e göre yapılmıştır. Tüm verilerin istatistiki analizi IBM SPSS Statistics 15.0 programında yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. şlam uygulamalarının toprak reaksiyonu ile makro ve mikro element miktarları üzerine etkisi

Farklı kireçleme materyalleri (granül-toz kireç) ve şeker fabrikası atığı şlam uygulamalarının toprak reaksiyonu (pH) ile toprakların toplam N, faydalı P ve Ca içeriği üzerine etkisi istatistiki anlamda önemli olurken, faydalı K ve Mg miktarları üzerinde herhangi bir etkisi ortaya çıkmamıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Kireç ve şlam uygulamalarının toprağın pH ve makro element miktarı üzerine etkisi

Table 4. The effect of lime and vinasse applications on pH and the content of macroelements of soil

Uygulamalar	pH	Toplam N (%)	Faydalı (mg . kg ⁻¹)			
			P	K	Ca	Mg
Kontrol	5.50 d	0.085 c	9.01 d	160	920 d	61
¼ Toz Kireç+¾ Şlam	6.40 a	0.101 b	9.13 ab	162	1084 ab	64
½ Toz Kireç+½ Şlam	6.41 a	0.107 a	9.14 a	165	1070 ab	65
¾ Toz Kireç+¼ Şlam	6.36 b	0.105 ab	9.14 a	163	1042 c	65
¼ Granül Kireç+¾ Şlam	6.35 b	0.102 b	9.08 c	162	1050 c	67
½ Granül Kireç +½ Şlam	6.34 b	0.104 ab	9.10 b	162	1062 b	62
¾ Granül Kireç +¼ Şlam	6.29 c	0.100 b	9.12 ab	161	1070 ab	62
Toz Kireç	6.42 a	0.106 a	9.12 ab	160	1064 b	63
Granül Kireç	6.34 b	0.100 b	9.10 b	161	1078 ab	62
Şlam	6.36 b	0.104 ab	9.14 a	160	1090 a	65
LSD	**	*	*	öd	**	öd

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir,

*: P<0.05 düzeyinde önemli farklılık, **: P<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: önemli değil

Kireç ve şlam uygulamaları toprak pH'sını kontrole göre artırmıştır. En yüksek artışlar TK (6.42), ¼ TK+¾ ŞL (6.40) ve ½ TK+½ ŞL (6.41) uygulamalarında tespit edilmiştir. Toprak pH'sının yükselmesinde en büyük etkiyi toz kirecin yaptığı, granül kirecin ise şlam ile aynı etkiyi gösterdiği anlaşılmıştır. Şlam ve kireç uygulamaları kontrole göre toprakta 0.8-0.9 birim pH artış sağlamıştır. Araştırmada toprakların pH'sının 6.5 olacak şekilde kireçleme materyalleri uygulanması planlanmış ve bu hedefe az bir farkla yaklaşılmıştır. Ülgen (1967) ise Doğu Karadeniz Bölgesi topraklarında yaptığı çalışmada toprak pH'sını yükseltmede şlamın kireçten daha etkili olduğunu saptamıştır.

Kireç ve şlam uygulamaları toprakların toplam N, faydalı P ve Ca içeriklerini kontrole oranla artırmıştır. En yüksek toplam azot TK ve ½ TK+½ ŞL uygulamalarında, en yüksek faydalı fosfor ŞL, ½ TK+½ ŞL ve ¾ TK+¼ ŞL uygulamalarında ve en yüksek faydalı Ca ise ŞL uygulamasında saptanmıştır (Tablo 4). Toprak pH'sının artmasına bağlı olarak topraktaki mikrobiyal aktivitenin ve dolayısıyla enzim aktivitesi ve mineralizasyon olaylarının artmasıyla toprak çözeltisine geçen mineral madde miktarı da artabilmektedir. Tevali (2021) şlam kompostu uygulamalarının topraktaki üreaz, alkalın fosfotaz ve β-Glukozidaz enzim aktivitelerini artırdığını ve bu artışa bağlı olarak topraktaki değişebilir K hariç besin madde miktarlarının arttığını bildirmiştir. Benzer sonuç bizim çalışmamızda da ortaya çıkmış ve faydalı K yanında Mg'da şlam uygulamalarından etkilenmemiştir. Toprak pH'sı ile topraklardaki mineral madde miktarları arasındaki korelasyon analizi sonucu da pH ile toplam azot, fosfor

ve kalsiyum arasında % 1 düzeyinde önemli ilişkiler ortaya çıkarken, pH ile K ve Mg arasında ise bir ilişki saptanamamıştır (Tablo 5). Sezen (1981) kireçleme ile yükselen pH'a bağlı olarak topraktaki K yarayırlılığının azaldığını tespit ederken, Özyazıcı ve ark. ise (2014), artan şlam uygulamalarına paralel olarak toprak reaksiyonu (pH) ile yarayırlı P, K ve değişebilir Ca arasında pozitif ilişkilerin ortaya çıktığını ileri sürmüşlerdir.

Tablo 5. Toprak pH'sı ile toprağın mineral madde kapsamı arasındaki ilişkiler ve korelasyon katsayıları

Table 5. Correlations between soil pH and soil elements

Toprak Elementleri	Toprak pH'sı
Toplam N	0.923**
Faydalı P	0.896**
Faydalı K	öd
Faydalı Ca	0.964**
Faydalı Mg	öd
Faydalı Fe	0.928**
Faydalı Çinko	öd
Faydalı Bakır	-0.748*
Faydalı Mangan	öd

*: P<0.05, **: P<0.01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil

Granül ve toz kireç ile şlam uygulamalarının toprağın faydalı mikro elementlerinden Fe ve Zn içeriğine etkisi istatistiki anlamda önemli olurken, faydalı Cu ve Mn üzerinde ise herhangi bir etkisi ortaya çıkmamıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Kireç ve şlam uygulamalarının toprağın mikro element içeriği üzerine etkisi

Table 6. The effect of lime and vinasse applications on the content of microelements of soil

Uygulamalar	Faydalı (mg . kg ⁻¹)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
Kontrol	7.42 g	0.81	1.24 d	17.11
¼ Toz Kireç+¾ Şlam	9.22 c	0.81	1.27 d	17.12
½ Toz Kireç+½ Şlam	<u>9.70 a</u>	0.81	<u>1.62 a</u>	17.08
¾ Toz Kireç+¼ Şlam	9.54 b	0.82	1.54 ab	17.13
¼ Granül Kireç+¾ Şlam	9.51 b	0.80	1.22 d	<u>17.96</u>
½ Granül Kireç +½ Şlam	9.01 e	0.80	1.34 c	17.12
¾ Granül Kireç +¼ Şlam	9.19 c	0.81	1.21 d	17.10
Toz Kireç	7.93 f	0.82	1.22 d	17.64
Granül Kireç	7.43 g	0.81	1.24 d	17.15
Şlam	9.10 d	<u>0.83</u>	1.45 b	17.87
LSD	**	öd	**	öd

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir,

*: P<0.05 düzeyinde önemli farklılık, **: P<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: önemli değil

Kireç ve şlam uygulamaları toprakların faydalı Fe ve Zn içeriklerini kontrole oranla önemli miktarlarda artırmıştır. En yüksek faydalı Fe ve Zn konsantrasyonları ½ TK+½ ŞL uygulamasında saptanmıştır. Topraklardaki mikro elementlerin azami yarayırlı miktarları genellikle 5.0-6.5 pH arasında bulunmaktadır. Daha yüksek ve daha düşük pH derecelerinde ise yarayırlı miktarlar değişmektedir. Araştırma topraklarının pH'sı 6.4'ü geçmediği , mikrobiyal aktivite için daha uygun koşullar ortaya çıktığı, şlamın organik madde ve bir miktar bitki besin maddesi içermesi, ayrıca biber bitkisi yetiştirme ortamı toprağın mikrobiyal aktivitesi üzerine de etki yapabileceği için mikro element miktarlarında bir yükselme meydana geldiği düşünülmektedir. Benzer sonuçlar Kumar ve Chopra (2010) tarafından da bulunmuş ve Hindistan'da şeker fabrikası atıklarının toprağa uygulanması ile topraktaki Fe, Zn, Cd, Cu, Pb and Cr miktarlarının arttığı rapor edilmiştir.

3.2. Kireç materyalleri ve şlam uygulamalarının biber bitkisi yapraklarının besin elementi içeriğine etkisi

Kireç ve şlam uygulamalarının biber bitkisi yapraklarındaki tüm makro ve mikro element miktarları üzerindeki etkisi istatistiki anlamda önemli çıkmıştır. Kireç ve şlam uygulamaları yaprakların N ve P içeriklerini kontrole

oranla önemli miktarlarda artırmıştır. En yüksek toplam azot TK uygulamasında, en yüksek toplam P ise ŞL ve ½ TK+½ ŞL uygulamalarında saptanmıştır. Biber bitkisinin K içeriği sadece TK, ŞL ve ¼ TK+¾ ŞL uygulamalarında artmış, bu uygulamalar dışındaki tüm uygulamalar kontrol uygulaması ile aynı istatistiki grupta yer almıştır (Tablo 7). Bu durum kireçlemeyle birlikte K'un yarayışlılığındaki azalmadan kaynaklanmış (CaxK interaksyonu) olabilir. Bitkinin Ca ve Mg içerikleri üzerine ise kireç materyallerin tek başına uygulamaları, kombine uygulamalara oranla daha fazla etkili olmuştur.

Tablo 7. Toz ve granül kireç ile şlam uygulamalarının biber bitkisinin makro element içeriğine etkisi

Table 7. The effect of lime (powder and granüle) and vinasse applications on the content of macroelements of pepper

Uygulamalar	Toplam (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Kontrol	3.55 g	0.36 e	3.10 b	2.50 ab	0.40 d-f
¼ Toz Kireç+¾ Şlam	3.91 cd	0.65 ab	<u>4.36 a</u>	2.02 c-e	0.50 cd
½ Toz Kireç+½ Şlam	3.93 bc	<u>0.68 a</u>	3.09 b	2.06 c-e	0.50 cd
¾ Toz Kireç+¼ Şlam	3.90 cd	0.66 ab	3.20 b	2.09 cd	0.48 c-e
¼ Granül Kireç+¾ Şlam	3.75 ef	0.55 cd	2.79 b	1.90 c-f	0.46 c-f
½ Granül Kireç +½ Şlam	3.83 de	0.58 bc	2.79 b	1.75 d-g	0.36 f
¾ Granül Kireç +¼ Şlam	3.81 de	0.48 d	3.04 b	1.72 e-h	0.39 ef
Toz Kireç	<u>4.46 a</u>	0.67 ab	<u>4.15 a</u>	<u>2.77 a</u>	0.77 b
Granül Kireç	3.65 f	0.66 ab	3.02 b	<u>2.76 a</u>	0.51 c
Şlam	4.02 b	<u>0.69 a</u>	<u>4.46 a</u>	2.19 bc	<u>0.89 a</u>
LSD	*	*	**	*	*

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir,

*: P<0.05 düzeyinde önemli farklılık, **: P<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: önemli değil

Kireç ve şlam uygulamaları mikro elementlerin tümünü kontrole oranla önemli oranlarda artırmıştır. En yüksek Fe ve Zn miktarları TK uygulamasında, en yüksek Cu miktarı ŞL ve en yüksek Mn miktarları ise ŞL ve ¼ TK+¾ ŞL uygulamalarında ortaya çıkmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Toz ve granül kireç ile şlam uygulamalarının biber bitkisinin mikro element içeriğine etkisi

Table 8. The effect of lime (Powder and granüle) and vinasse applications on the content of microelements of pepper

Uygulamalar	Toplam (mg kg ⁻¹)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
Kontrol	70.37 g	7.74 e	60.33 e	68.19 e
¼ Toz Kireç+¾ Şlam	95.13 b	9.17 cd	67.98 cd	<u>80.43 a</u>
½ Toz Kireç+½ Şlam	97.44 ab	9.61 c	77.76 b	77.37 b
¾ Toz Kireç+¼ Şlam	81.87 d	9.37 c	69.24 cd	74.86 c
¼ Granül Kireç+¾ Şlam	84.99 d	8.93 cd	64.56 de	73.22 d
½ Granül Kireç +½ Şlam	82.96 d	9.01 cd	69.25 cd	71.91 e
¾ Granül Kireç +¼ Şlam	75.11 f	8.34 de	68.79 cd	72.56 de
Toz Kireç	<u>100.14 a</u>	11.14 b	<u>85.73 a</u>	75.95 c
Granül Kireç	84.31 c	11.10 b	69.54 c	78.14 b
Şlam	97.84 ab	<u>13.63 a</u>	75.39 b	<u>79.67 a</u>
LSD	**	*	**	**

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir,

*: P<0.05 düzeyinde önemli farklılık, **: P<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: önemli değil

Biber bitkisi yapraklarında saptanan makro ve mikro besin element miktarları Jones ve ark. (1991) tarafından verilen yeterli sınır değerleriyle kıyaslandığında, biber bitkisinin makro ve mikro besin element içeriğinin yeterlilik sınır değerleri içinde yer aldığı dolayısıyla beslenme yönünden herhangi bir sorunun olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 9). Hindistan'da şeker fabrikası atıklarının toprağa uygulanması ile topraktaki Fe, Zn, Cd, Cu, Pb and Cr miktarlarının arttığı rapor edilmiştir (Kumar ve Chopra, 2010).

Asit reaksiyonlu bir toprağa uygulanan kireçleme materyallerinin (CaCO_3 , CaO , MgCO_3 ve MgO) mısır bitkisinin verim ve mineral madde içeriğine etkisini belirlemek üzere yapılan bir araştırmada; kireçleme materyallerinin mısır bitkisinin toplam N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarını artırdığı saptanmıştır (Kant ve ark., (2006). Aynı araştırmacı bizim bulgularımızdan farklı olarak kireç materyallerinin bitkideki Fe, Mn, Zn ve Cu alımlarını azalttığını saptamışlardır. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarla da ortaya konulmuştur (Aydın ve ark., 1997; Turan ve ark., 2002; Şimşek ve Aydın, 2002; Adiloğlu ve ark., 2016)

Tablo 9. Biber bitkisi yapraklarının makro ve mikro besin elementleri için önerilen yeterlik sınır değerleri (Jones ve ark., 1991)

Table 9. Sufficiency limit values recommended for macro and micro nutrients of pepper plant leaves (Jones ve ark., 1991)

Besin Elementi	Yeterlilik Sınır değeri	Besin Elementi	Yeterlilik Sınır değeri
Toplam N (%)	3.50-5.00	Toplam Fe (mg kg^{-1})	60-300
Toplam P (%)	0.22-0.70	Toplam Cu (mg kg^{-1})	6-25
Toplam K (%)	3.50-4.50	Toplam Zn (mg kg^{-1})	20-200
Toplam Ca (%)	1.30-2.80	Toplam Mn (mg kg^{-1})	50-250
Toplam Mg (%)	0.30-1.00		

3.3. Granül ve toz kireç ile şlam uygulamalarının biber verimi üzerine etkisi

Kireçleme materyalleri toz ve granül kireç ile şeker fabrikası atığı şlamın farklı kombinasyonlarının araştırma materyali biber bitkisinin saksı verimi üzerine etkisi istatistiki anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tüm uygulamalar verimi kontrole oranla artırmıştır. En yüksek biber verimi TK (toz kireç) (276 g.saksı^{-1}) ve en düşük verim ise K (kontrol) uygulamasında (114 g.saksı^{-1}) elde edilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Kireç ve şlam uygulamalarının biber verimi üzerine etkisi (g/saksı)

Table 10. The effect of lime and vinasse applications on pepper yield (g/pot)

Uygulamalar	Verim (g/saksı)
Kontrol	114 g
¼ Toz Kireç+¾ Şlam	171 d
½ Toz Kireç+½ Şlam	190 d
¾ Toz Kireç+¼ Şlam	186 d
¼ Granül Kireç+¾ Şlam	159 e
½ Granül Kireç +½ Şlam	134 ef
¾ Granül Kireç +¼ Şlam	121 ef
Toz Kireç	276 a
Granül Kireç	231 bc
Şlam	249 b
LSD	**

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir,

** : $P < 0.01$ düzeyinde önemli farklılık

Toz kireç uygulamasından sonra biber verimini en fazla artıran uygulamalar ŞL ve GK olmuştur. Bunları izleyen uygulamalardan ½ TK+½ ŞL, ¾ TK+¼ ŞL ve ¼ TK+¾ ŞL ise aynı istatistiki grup içerisinde yer almışlardır. Toprak pH'sını yükseltmek amacıyla farklı form, kombinasyon ve miktarlarda uygulanan materyallerin (kireç-şlam) etkisiyle toprak pH'sının yükselmesine bağlı olarak verimde önemli düzeyde artışlar sağladığı saptanmıştır. Kireçlemenin verimi artırdığını bildiren çeşitli araştırmacılar, araştırmamızda elde ettiğimiz bulgulara benzer sonuçları farklı bitkiler üzerinde yaptıkları çalışmalarda da saptamışlardır. Farklı bitki çeşitlerinin yetiştirildiği (mısır, soya fasulyesi, buğday, yerbuğday, yonca, ayçiçeği, çeltik ve kışlık arpa) asit reaksiyonlu topraklara kireç ve kireçli materyal uygulamalarının verimi artırdığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir

(Busari ve ark., 2008; Kovacevic ve Rastija, 2010; Andric ve ark., 2012; Ngane ve ark., 2012; Rastija ve ark., 2012; Ataur Rahman ve ark., 2013; Karalic ve ark., 2013; Osundwa ve ark., 2013). Araştırmamızda toprak pH'sındaki değişime paralel olarak biber bitkisi veriminde meydana gelen artış sonucu birçok araştırmacının farklı bitkiler ile yaptığı çalışmalardan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç ve öneriler

Farklı form, miktar ve kombinasyonlarda kireçleme materyalleri (granül-toz kireç ile şeker fabrikası atığı şlam) uygulamalarının asit reaksiyonlu bir toprağın pH, mineral madde içeriği ile biber bitkisinin verim ve besin maddesi içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada; toprak pH'sının yükselmesinde en fazla etkili uygulamanın toz kireç olduğu, granül kirecin ise şlam ile aynı etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. pH'sı 5.50 olan kontrol toprağın pH'sının TK uygulaması ile 6.42'ye, ½ TK+½ ŞL uygulaması ile de 6.41'e kadar çıkması sağlanmıştır. Araştırmamızda kireçle birlikte şlam uygulamasının, sadece toz kireç uygulaması ile benzer etkiler göstermesi nedeniyle, asit reaksiyonlu topraklarda pH düzenlenmesi amacıyla şlam atığının rahatlıkla kullanılabilmesi belirlenmiştir. Granül ve toz kireç ile şlam uygulamaları gerek toprağın ve gerekse bitkinin mineral madde içerikleri üzerine de etkili olmuş ve toprakların toplam N, faydalı P, Ca, Fe ve Zn içerikleri ile bitkinin bazı makro (toplam N, P) ve mikro (Fe, Cu, Zn ve Mn) besin element içeriklerini kontrole oranla önemli oranlarda artırmıştır. Buna bağlı olarak biber verimi de uygulamalardan etkilenmiş ve biber verimini artıran ilk üç uygulama TK > ŞL > GK şeklinde bir sıralama göstermiştir. Sonuç olarak pancar şekeri üretimi esnasında açığa çıkan ve bir çeşit tarımsal atık olan şlamın asit reaksiyonlu topraklarda toprak pH'sını yükseltmek amacıyla alternatif bir kireçleme materyali olarak kullanılabilmesinin saptanması ve tarımsal üretim açısından değerlendirilebilir olması oldukça önemli bir sonuçtur. Bu durum tarımsal atıkların geri kazanımının yanı sıra, tarımsal sürdürülebilirliğe de önemli bir örnek teşkil etme potansiyeli taşımaktadır. Bu atığın değerlendirilmesine katkı sağlayacak benzer çalışmaların, farklı toprak reaksiyonuna sahip topraklarda ve farklı bitki çeşitlerinde üretici koşullarında yapılmasının daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Adiloğlu A., Eryılmaz Açıkgöz F., Adiloğlu S., Solmaz Y. (2016). Artan Miktarlarda Akuakültür Atığı Uygulamasının Salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) Bitkisinin Bazı Makro ve Mikro Bitki Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 13, pp. 96-101.
- Aksoy, T., Danışman, S. (1989). Döner çamurunun kireçleme amacıyla kullanılması üzerine bir araştırma. *Toprak İlimi Derneđi*, 10. *Bilimsel Toplantı Tebliđleri*, s. 43-45.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S. (2016). Toprak Bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No. 557, Bornova-İzmir.
- Andric, L., Rastija, M., Teklic, T., Kovacevic, V. (2012). Response of maize and soybeans to liming. *Turk J Agric For* 36: 415-420.
- Ataur Rahman, M., Barma, N.C.D., Sarker, M.H., Sarker, M.M.R., Nazrul, M.M.I. (2013). Adaptability of wheat varieties in strongly acidic soils of Sylhet. *Bangladesh J. Agril. Res.*, 38(1): 97-104.
- Aydın, A., Sezen, Y. ve Özgül, M. (1997). Asit topraklara ilave edilen kirecin toprakların yararışlı Zn elverişliliğine ve mısır bitkisinin Zn alımına etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi 12-16 Mayıs, Eskişehir.
- Busari, M.A., Salako, F.K., Adetunji, M.T. (2008). Soil chemical properties and maize yield after application of organic and inorganic amendments to an acidic soil in Soutwestern Nigeria. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4): 691-699.
- Castro, G.S.A., Crusciol, C.A.C. (2013). Yield and mineral nutrition of soybean, maize and Congosignalgrass as affected by lime stone and slag. *Pesq. Agropec. Bras.*, 48: 673-681.
- Dunn, L.E. (1943). Lime requirement determination of soils by means of titration curves. *Soil Sci.*, 56:341-351.
- González-Fernández, P., Espejo-Serrano, R., Ordóñez-Fernández, R., Peregrina-Alonso, F. (2004). Comparative studies of the efficiency of lime refuse from sugar beet factories as an agricultural liming material. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety*,
- Jones, J. B. Jr., B. Wolf and H. A. Mills. (1991). Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia 30607, USA.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241, 892 s.
- Kacar, B. (2016). Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri 3: Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Nobel Yayın No: 1524, 614 s.
- Kant, C., Barik, K., Aydın, A. (2006). Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2): 161-167.
- Karabulut, Ö., Bellitürk, K. (2013). Farklı Magnezyum Kaynaklarının Asit Topraklarda Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum İçeriğine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 83-91.
- Karalic, K., Loncaric, Z., Popovic, B., Ivezic, V. (2013). Phosphorus and potassium availability change by liming of acid soils. *IV. International Symposium, Agrosym 2013*, pp. 119-124.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüođlu, N.M., Öztaş, T., Zengin, M. (2012). Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. ISBN, 978-605-86684-0-9 genişletilmiş 3. Baskı, Pelin matbaacılık s.167-187.
- Kovacevic, V., Rastija, M. (2010). Impacts of liming by dolomite on the maize and barley grain yields. *Poljoprivreda*, 16(2): 3-8.
- Kumar, V., Chopra, A.K. (2010). Influence of sugar mill effluent on physico-chemical characteristics of soil at Haridwar (Uttarakhand), India. *Journal of Applied and Natural Science*, 2(2):269-279.
- Läuchli, A., and Grattan, S. R. (2012). Soil pH extremes, in *Plant Stress Physiology*, ed. S. Shabala (Wallingford: Centre for Agriculture and Bioscience International), 194. doi: 10.1079/9781845939953.0194.
- Msimbira, L.A., Smith, D.L. (2020). The Roles of Plant Growth Promoting Microbes in Enhancing Plant Tolerance to Acidity and Alkalinity Stresses. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4:106. doi.org/10.3389/fsufs.2020.00106
- Ngane, E.B., Tening, A.S., Ehabe, E.E., Tchuenteu, F. (2012). Potentials of some cement by-products for liming of an acid soil in the humid zone of South-Western Cameroon. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 3(8): 326-331.
- Osundwa, M.A., Okalebo, J.R., Ngetich, W.K., Ochuodho, J.O., Othieno, C.O., Langat, B., Omenyo, V.S. (2013). Influence of agricultural lime on soil properties and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and acidic soils of Uasin Gishu County, Kenya. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(4): 806-823.
- Özen, N., Arat, E. (1999). Use of the first carbonification sludge of sugar in dustury as calcium source in quaildiets. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 23(1): 35-40.
- Özyazıcı, G. (2014). Asit Toprakta Yetişen Fındık (*Corylus avellana* L.)'ta Kireç ve Şeker Sanayi Atığı Şlamin Verim ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1:176-185
- Özyazıcı, G., Özdemir, O., Özer, S.P., Kalcıoğlu, Z. (2014). Kireçleme Materyali Olarak Kullanılan Şeker Sanayi Atığı Şlamin Çay Bitkisinin Verim, Kalite ve Toprak Özelliklerine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1:43-54.

Kirece Bir Alternatif Olarak Şlam Uygulamasının Asit Reaksiyonlu Toprakta Biber (*Capsicum annuum* var. *Cerasiforme*) Bitkisinin Beslenmesine Etkileri
Rastija, D., Semialjac, Z., Rastija, M., Gulisija, A. (2012). Residual effect of liming on soil properties and maize grain yield. *Third International Scientific Symposium, Agrosym Jahorina 2012*, pp. 87-91.

Sezen, Y. (1981). Asit topraklara kireç ilavesinin fosfor ve potasyum elverişliliğine etkisi. *Atatürk Üni. Ziraat Fak., Ziraat Dergisi*, 12(1): 71-83.

Şimşek, U. and A. Aydın, (2002). Effects of Lime Application on Some Soil Properties and Mineral Composition and Growth of Corn. *International Conference on Sustainable Land Use and Management "Sharing Experiences Sustainable Use of Natural Resources"* 10-13 June 2002, Çanakkale-Turkey.

Tevali, İ.E. (2021). Short-term effect of compost amendment on the fertility of calcareous soil and basil growth. *Communications In Soil Science and Plant Analysis*, 52 (2):172–182.

Turan, M., Sezen, Y. and Aydın, A. (2002). Effect of Different Doses of Lime Material on Soil Properties and Growth of Spinach (*spinacia oleracea*). *International Conference on Sustainable Land Use and Management. Sharing Experiences Sustainable Use of Natural Resources.* 10-13 June 2002, Çanakkale-Turkey.

Ülgen, N. (1967). Şlam ile kireçleme araştırmaları. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü 1962-1963 Yılları Araştırma Raporu*, Ankara

Yirga, C., Erkossa, T., and Agegnehu, G. (2019). *Soil Acidity Management*. Addis Ababa: Ethiopian Institute of Agricultural Research

Yoğun Sulama Uygulamalarının Taban Suyu Kalitesi ve Derinlikleri Üzerine Olan Zamansal ve Mekansal Etkilerinin Değerlendirilmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği

Evaluation of Spati-Temporal Effects of Intense Irrigation Practices on Groundwater Quality and Depths: A Case Study in the Akarsu Irrigation District Area


Mahmut ÇETİN¹, Harun KAMAN^{2,*}, Sertan SESVEREN³


Öz

Yoğun sulama uygulamalarının yapıldığı tarımsal havzalarda kimi sorunlar meydana gelebilmektedir. Sulama şebekesindeki ve sulama yönetimindeki eksiklikler, düşük sulama randımanı, ağır toprak bünyesi ve tarla içi drenaj sistemlerinin yetersizliği vb. nedenler topraklarda tuzlanma, drenaj ve taban suyu tuzluluğu sorunlarına neden olmaktadır. Anılan sorunlar, bitkisel üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, zaman ve mekân boyutundaki taban suyu gözlemleri, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için son derece önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, geniş bir sulama havzasında taban suyu seviyesi ve taban suyu kalitesinin zaman ve mekân boyutunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma, Türkiye'nin güneyinde Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO) yer alan, Akarsu Sulama Birliği (ASB) sahasında yürütülmüştür. Araştırma alanı, 60 yıldan bu yana sulanmaktadır. Sulama şebekesi, üreticilerin gece ve gündüz sulama uygulamalarını sürekli yapabilmeleri için "devamlı akış yöntemi"ne göre işletilmektedir. Taban suyu derinliği ve taban suyu kalite gözlemleri 108 adet drenaj gözlem kuyusunda yapılmıştır. Gözlemler, yılda dört farklı dönemde (şubat, nisan, temmuz ve ekim aylarında) gerçekleştirilmiştir. Kış yağışlarının, araştırma alanının üçte birinden fazlasında, aşırı drenaj sorununa neden olduğu ortaya konulmuştur. Akarsu Sulama Birliği sahasının kuzey kesimlerinde, taban suyu derinliğinin kritik seviyelerde (< 1 m) olduğu tespit edilmiştir. Taban suyu tuzluluğu alansal ortalamaları, kritik değer olan 5 dS m⁻¹ ile karşılaştırıldığında oldukça düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, ortalama taban suyu tuzluluğu kış aylarında yağışların seyreltme etkisi nedeniyle en düşük değere ulaşmıştır. Alanın %15-26'sında, kış ayı hariç yıl boyunca her zaman taban suyu tuzluluğu >5 dS m⁻¹ değerlerini almıştır. Taban suyundaki toplam çözünmüş tuzlar (TDS), sulama mevsiminin sonunda en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Alansal ortalama taban suyu alkaliliği (Sodyum Adsorpsiyon Oranı-SAR), eşik SAR değerinin altında (SAR<13) bulunmuştur. Araştırma alanındaki yetiştiricilerin yoğun şekilde sulamalarını gündüz yapmalarından dolayı fazla sulama suyu gece boyunca drenaj kanallarına tahliye olmaktadır. Şebeke alanındaki sulama yönetiminden sorumlu yetkililerin, gece sulama uygulamalarını teşvik etmeleri; hakim yüzey sulama yöntemleri yerine, sulama suyundan tasarruf sağlayan yağmurlama ve düşük basınçlı damla sulama yöntemlerini yaygınlaştırmaya yönelik faaliyetlere ağırlık vermeleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sulama randımanı, Toplam çözünmüş tuz, Taban suyu alkaliliği, Sulama yönetimi

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Harun Kaman, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya, Türkiye. E-mail: hkaraman@akdeniz.edu.tr  ORCID: 0000-0001-9308-3690

¹Mahmut Çetin, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330 Balcalı, Adana, Türkiye. E-mail: mcet64@cu.edu.tr  ORCID: 0000-0001-5751-0958

³Sertan Sesveren, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Avşar Yerleşkesi 46100 Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: sesveren@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-5163-7066

Atıf/Citation: Çetin, M., Kaman, H., Sesveren, S. Yoğun Sulama Uygulamalarının Taban Suyu Derinlikleri Üzerine Olan Zamansal ve Mekansal Etkilerinin Değerlendirilmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 649-659.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Some site specific problems may arise in agricultural catchments where irrigation practices are intensive. Some causes such as shortcomings in irrigation water management, low irrigation efficiencies, heavy soil texture, insufficiencies in field drainage systems, etc. mostly result in problems of salinity in soil profile, waterlogging and groundwater salinity. Those problems negatively affect crop yield. In turn, drainage observations in space and time provide important information for sustainable water resources management. In this study, it is aimed at evaluating spatio-temporal characteristics in quality and quantity of groundwater in a large irrigation district area. In line with the objective, the study was conducted in the Akarsu Irrigation District (AID) area of the Lower Seyhan Plain (LSP), located in the south of Turkey. Irrigation has been practiced in the study area for more than 60-year. Irrigation scheme has been managed by adopting continuous flow regime so as to ensure continuous water supply for the growers at night and during the day. In this research, groundwater depth and groundwater quality data were collected from 108 drainage observation wells. Observations in each well were made four times a year, i.e. in February, April, July and October. It was figured out that severe drainage problems occurred in more than one-third of study area due to heavy winter rains. It was determined that depth of the groundwater was less than the critical levels (<1 m) in the northern parts of Akarsu command area. On the other hand, areal averages of groundwater salinity were found to be quite low compared to the critical value of 5 dS m⁻¹. However, the average groundwater salinity reached at its lowest value in cool season, due to the dilution effect of rainfall in winter. Groundwater salinity was determined to be >5 dS m⁻¹ in the 15 to 26 % of the area throughout the year, except winter season. Total dissolved solid (TDS) in the groundwater body were found to be the highest at the end of the irrigation season, i.e. in October. Areal average of excess sodium, i.e Sodium Adsorption Ratio (SAR), in groundwater system was found to be less than the threshold SAR value of 13. Excessive irrigation water is discharged into the drainage channels during the night because the growers in the study area irrigate intensely during the day. Authorities in charge of irrigation management in the area are supposed to encourage irrigators to get used to nocturnal irrigation practices. Additionally, it was recommended that more effort be made in order to extend areas where sprinkler or low pressure drip irrigation systems are practiced instead of surface irrigation methods.

Keywords: Irrigation efficiency, Total dissolved solid, Groundwater alkalinity, Irrigation management

1. Giriş

Tarımsal üretimde sulama, verim artışı sağlayan önemli bir uygulamadır. Ancak, sulamanın yanlış uygulanması tuzluluk vb sorunları meydana getirmektedir. Genel olarak, sulanan tarım alanlarında yüksek ve tuzlu taban suyu problemi meydana gelebilmektedir ((İstanbuluoğlu ve ark., 2006; Konukcu ve Akbuğa, 2006). Bununla birlikte, iklim değişikliği günümüzde önemli bir olgudur. Küresel ısınma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık, suya olan talebi arttırmaktadır. Bu bağlamda, toprak ve su kaynaklarının iyi yönetilmesi ve geliştirilmesinin önemi apaçık ortadadır. Toprak ve su kaynaklarının iyi yönetimi ve geliştirilmesiyle kaynaklar rasyonel kullanılabilen, tarımsal üretimde büyük artışlar sağlanabilmektedir. Ancak, Çetin ve Özcan (1999) tarafından da vurgulandığı üzere, sulama ve drenaj yatırımlarının pahalı olması, planlamalarda meydana gelebilecek muhtemel hatalar vb. faktörler yatırımların maliyetini yükseltmektedir. Bu nedenle, sulama ve drenaj yatırımlarında su-bitki-toprak-atmosfer ilişkilerinin çok iyi araştırılması ve bilinmesi gerekmektedir.

Genel olarak her toprak çeşidinin kendine özgü bir kullanım ve yönetim isteği vardır (Çetin ve Özcan, 1999). Bu nedenle, toprakların özellikle sulama koşulları altında iyileştirilme olanakları dikkate alınmalıdır. Aksi durumda, dünyada olduğu gibi ülkemizin birçok yöresinde de drenaj, tuzluluk ve alkalilik sorunlarının meydana gelmesi kaçınılmazdır. Buna ilave olarak topoğrafik yapı, doğal drenaj durumu, iklim özellikleri, jeolojik durum, ana materyal yapısı ve denize olan mesafe gibi doğal etkenler de tuzluluğa yol açmaktadır (Amezket, 2006). Tuzluluk, sulu tarımın sürekliliğini engelleyen ve bitkisel verimi sınırlayan en önemli sorunlardan birisidir. Eğer tuzluluk kontrol altına alınmazsa sulanabilir alanların tarım dışı kalması beklenmelidir. Dünyada, 100'den fazla ülke tuzluluktan etkilenmektedir (Szabolcs, 1989). Her yıl yaklaşık 4×10^4 ha alan tuzluluk sorunu nedeniyle tarım dışı kalmakta (Lamsal ve ark., 1999), bu rakamlar tedicri olarak gün geçtikçe artış göstermektedir. Ülkemizde de tuzluluk problemi bulunan araziler, sulanabilir arazinin %20'sine ulaşmıştır (Konak ve ark., 1999); önlem alınmadığı takdirde bu alanların artması beklenmektedir.

Su kaynaklarından en yüksek düzeyde faydanın sağlanması, suyun var olması ile yeterli olmayıp, su kalitesinin de amacına uygun olması gerekmektedir (FAO, 2001; Cetin ve Kirda, 2003). Ülkemizde, tarım en çok su talep eden sektör konumundadır (Çetin ve Özcan, 1999; Gündoğdu, 2004; Çetin ve ark., 2007). Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve sanayileşme suya olan talebi giderek arttırmakta ve bunun bir sonucu olarak da su kıtlığı sorunu tetiklenmektedir. Büyükcangaz ve Değirmenci (2002) tarafından da belirtildiği gibi, günümüzde iklim değişikliği ve olası sonuçları yaygın olarak tartışılmaktadır. Bu tartışmalar, su kaynaklarının geliştirilmesi, korunması ve etkin bir şekilde yönetiminde uygun stratejilerin hızlı bir şekilde belirlenmesini ve uygulamaya konulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ülkemiz sulu tarım alanlarında sulama randımanlarının istenilen düzeylere yükseltilememesi önemli bir sorundur (Cetin, 2020). Bu nedenle, tarım sektöründe suyun daha etkin kullanılması sonucunda önemli oranda su tasarrufu (FAO, 2001; FAO, 2002) sağlanabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, deniz ve okyanuslara yakın olan kıyı ovalarında (Said ve ark., 2021) su kalitesinin izlenmesi özel önem arz etmektedir. Düz ve taban arazilerde de sürdürülebilir tarımsal üretim ve su yönetimi için taban suyu seviyesi ve taban suyu kalitesinin periyodik olarak izlenmesi ve irdelenmesi gerekmektedir. Taban suyu seviyesi ve taban suyu kalitesi durumunun takip edilmesi sonucu sağlanacak bilgiler vasıtasıyla muhtemel sorunlar karşısında tedbirler alınabilecektir. Taban suyu kalitesinin düşük ve taban suyu sorunu olan yerlerde, gelecekte toprakların geçirgenliğinin azalacağı, tuzluluk ve alkalilik gibi sorunların yaygınlaşma riskinin artabileceğine vurgu yapılmaktadır (FAO, 2001; Cetin ve Kirda, 2003; Demir ve Antepli, 2004).

İyi kalitede sulama suyu kullanılmış olsa bile, sulama uygulamalarının çok yoğun olarak yapıldığı tarım alanlarında; sulama yönetimindeki eksiklikler, düşük sulama randımanı, ağır toprak bünyesi ve tarla içi drenaj sistemlerinin yetersizliği vb. nedenlerle drenaj ve taban suyu tuzluluğu sorunları ortaya çıkmaktadır. Anılan sorunlar, bitkisel üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, taban suyu kalitesi ve kantitesine ilişkin gözlemler sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için son derece önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, büyük ölçekli bir sulama şebeke alanında taban suyu derinliği ve kalitesinin zaman ve mekan boyutundaki değişimlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, Türkiye'nin güneyinde Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO) yer alan, 60 yıldan daha uzun bir süredir sulama ve drenaj sistemi bulunan 9495 ha genişliğindeki Akarsu Sulama Birliği (ASB) alt havzasında yürütülmüştür. Araştırma alanını içine alan ASO, 213200 ha'lık bir delta ovasını kapsar; 174088 ha alan sulu tarım arazi sınıflandırma standartlarına göre sulu tarıma uygundur (Çetin ve Özcan, 1999; Cetin ve Kirda, 2003; Çetin ve ark., 2007). ASB, 36° 57' 32"-36° 50' 43" kuzey enlemleri ile 35° 40' 22"-35° 28' 42" doğu boylamları arasında olup, Ceyhan Nehri'nin sol sahilindedir (Şekil 1). Sulama şebekesi DSİ tarafından inşa edilip işletilmiştir. Ancak, 1994 yılında sulama şebekesi Devlet Su İşleri tarafından bir protokol ile ASB'ne devredilmiştir.

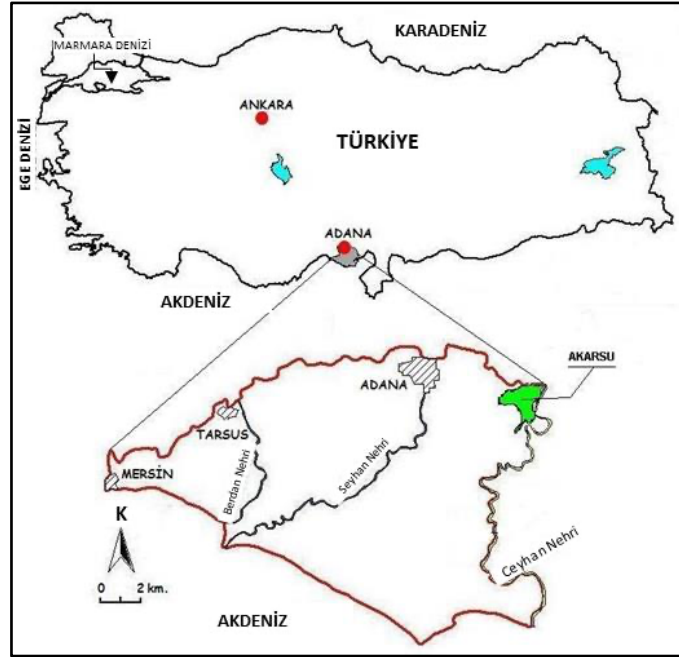


Figure 1. Location of the study area in Turkey (Kaman et al., 2011)

Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye'deki konumu (Kaman ve ark., 2011)

Araştırma alanındaki toprakların toprak serilerine göre dağılımı incelendiğinde, en yaygın toprak serileri Arikli (30%), Incirlik (27%) ve Yenice (14%) serileridir (Dinç ve ark., 1995). Diğerleri ise Ismailiye (0.9%), Golyaka (0.5%) ve Innaplı (0.4%) serileridir.

Araştırma alanına sulama suyu Seyhan barajından saptırılmakta olup, Seyhan Nehri'nin yıllık ortalama su verimi 6.3 km³ yıl⁻¹ dolayındadır. Ovanın yegane su kaynağı Seyhan Nehridir; Seyhan baraj gölündeki su, sulama için iyi kalitededir (EC<0.5 dS m⁻¹). ASO'da, genel olarak sulama randımanı düşük olan yüzey sulama yöntemleri (%52) uygulanmakta; yağmurlama sulama ile sulanan alanlar %7, damla sulama altındaki alanlar ise %41 dolayındadır.

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yağışlar genellikle en düşük buharlaşmanın olduğu kış aylarında yağmur şeklinde düşmektedir (Çölaşan, 1970). Adana meteoroloji istasyonu gözlem sonuçlarına göre, araştırma alanı ve çevresinde ortalama sıcaklık 18.7 °C, minimum sıcaklık 13.1 °C ve maksimum sıcaklık ise 25.2 °C'dir. En yüksek sıcaklıklar haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında gözlemlenirken, en düşük sıcaklıklar ise aralık, ocak, şubat ve mart aylarında meydana gelmektedir (Çölaşan, 1970).

Araştırma alanındaki taban suyu gözlem noktalarının yerleri, arazide yapılan ön çalışmalar ve harita üzerinde yapılan değerlendirmelere göre belirlenmiştir. Çalışma alanına tesis edilen ilave drenaj gözlem kuyuları ile birlikte toplam 108 adet drenaj (taban suyu, TS) gözlem kuyusu izlemeye alınmıştır (Şekil 2). Drenaj gözlem kuyu koordinatları, Magellan Explorer 600 Reference Manual (Thales, 2005)'de verilen yöntem kullanılarak GPS ile (Datum=ED50) UTM olarak yerinde belirlenmiştir.

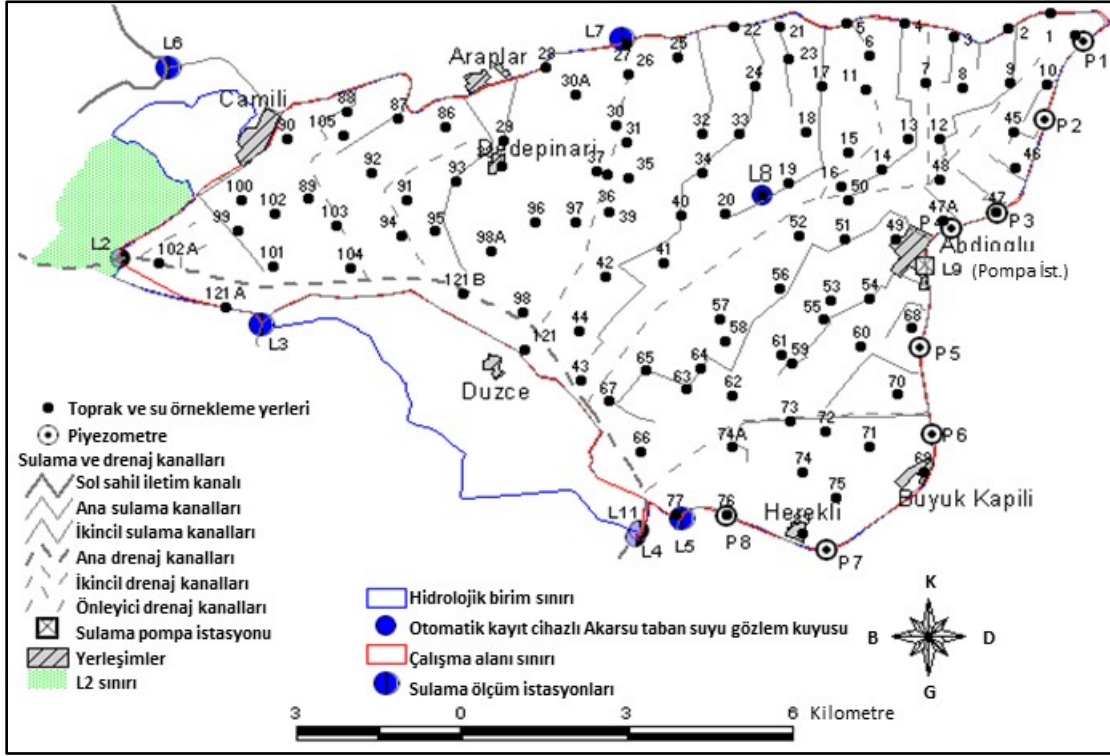


Figure 2. Spatial distribution of groundwater observation wells in research area (Kaman et al., 2011)

Şekil 2. Araştırma alanındaki drenaj gözlem kuyularının dağılımı (Kaman ve ark., 2011)

Araştırmada, 2008 yılı şubat, nisan, temmuz ve ekim aylarında yapılan taban suyu kalitesi ve derinliği gözlemleri kullanılmıştır. Taban suyu derinlikleri (m) ve taban suyu kalite parametreleri DSİ (1982), Cetin ve Diker (2003)'de belirtilen yöntemlere göre elde edilmiştir. Taban suyu kalite parametreleri olarak; elektriksel iletkenlik (EC, $dS m^{-1}$), toplam çözünmüş tuzlar (TDS, $g L^{-1}$) ile SAR değerleri incelenmiştir. Bu parametrelerin kapladığı alanlar coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında belirlenmiş ve alan yüzdeleri elde edilerek çizelgeler halinde sunulmuştur.

CBS ortamında taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının çiziminde, “ters uzaklık enterpolasyon (IDWI)” tekniği (Cetin ve Diker, 2003) kullanılmıştır. Bu amaçla, çalışma alanı 0.25 ha büyüklüğünde kare hücreler oluşturacak şekilde gridlenmiştir. Her bir değişkenin grid hücresindeki alacağı değer, IDWI yöntemi ile kestirilmiştir. IDWI yönteminin ayrıntıları ve kullanılan parametreler için Çetin ve ark. (2007)'den yararlanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Uydu görüntüleri ve yer gözlemleri kullanılarak araştırma alanındaki bitki deseni belirlenmiştir. Araştırma havzasındaki hakim bitkiler ve dağılımı Şekil 3'te sunulmuştur. Görüleceği üzere, en fazla ekim alanına sahip olan bitki mısır olup, %39.6 oranında alan kaplamaktadır. Narenciye bahçelerinin kapladığı alan ise %29.2 ile birinci ürün mısır bitkisini takip etmiştir. Buğday ekilen alanların oranı %17.7 olmuştur. Bu durumda, ikinci ürün ekim alanlarının %18 ve daha düşük olacağı sonucuna varılmıştır. Şekil 3'te verilen ikinci ürün ekim alanları bu tespite paralel bulunmuştur.

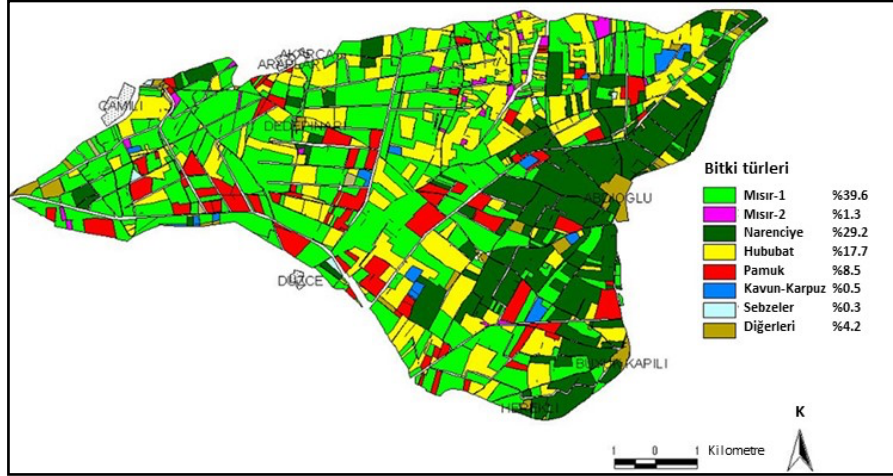


Figure 3. Spatial distribution of major crops grown in the research area

Şekil 3. Araştırma alanında yetiştirilen başlıca bitkilerin dağılımı

3.1. Taban suyu derinliğinin zamansal ve mekansal değişimi

Tüm örnekleme dönemleri için taban suyu derinlikleri CBS ortamında işlenmiş ve araştırma havzası özelinde ortaya çıkan drenaj problem alanları haritalar üzerinde saptanmıştır. Üretilen haritaların zonal istatistikleri değerlendirilmiş, kategorize edilmek sureti ile sonuçlar çizelgelerde özetlenmiştir. Taban suyu derinliği üzerine sulama ve yağışların etkisi vardır. Bu nedenle, öncelikle araştırma alanındaki yağışların zamansal değişimleri Şekil 4’de verilmiştir. Bu şekil üzerine, araştırma alanının merkezinde yer alan bir drenaj gözlem kuyusunda gözlenen taban suyu seviyesi değişimleri de konulmak sureti ile taban suyunun yağış olaylarına olan tepkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu grafikten, taban suyunun kış yağışlarının etkisinde olduğu açıkça görülmektedir. Bu bağlamda, Aralık/2007 ve Şubat/2008 aylarında meydana gelen yüksek yağış miktarlarının sahadaki taban suyu derinliği üzerine, dolayısıyla da taban suyu seviyesine direk etki ettiği açıkça görülmektedir.

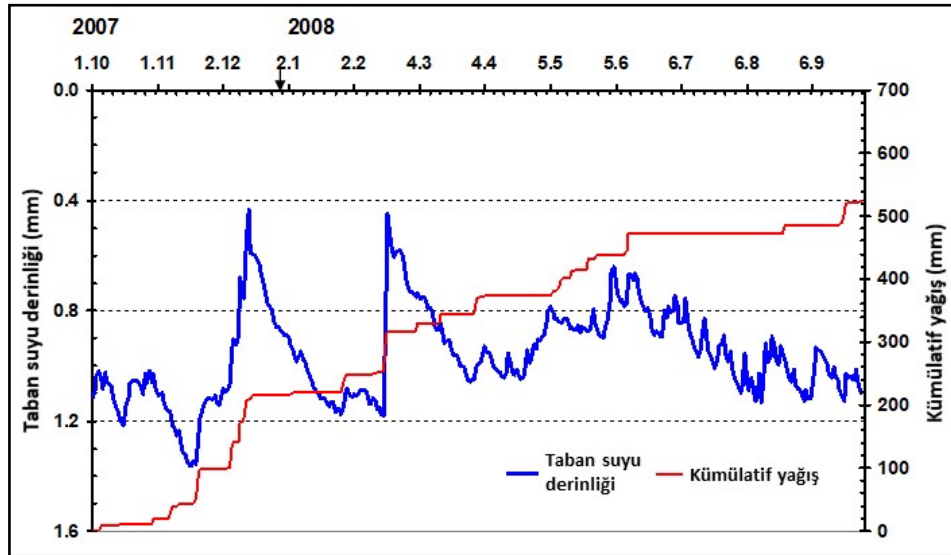


Figure 4. Temporal distribution of rainfall and groundwater elevations in in the resarch catchment

Şekil 4. Araştırma havzasındaki yağışların ve taban suyu seviyelerinin zamansal değişimi

Araştırmanın yürütüldüğü tarım havzasında, sulama uygulamaları temmuz ayında pik değere ulaşmaktadır. Sulamanın en yoğun olduğu temmuz ayı taban suyu derinliği haritası Şekil 5’te verilmiştir. Narenciye plantasyonlarının yoğun olduğu alanlarda taban suyu derinliğinin 1.0-1.5 m arasında olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma alanının kuzeyinde, özellikle L7 akım gözlem istasyonu ve Araplar köyü boyunca uzanan kesimlerde, taban suyu derinliği drenaj problemi bakımından kritik seviyelere (< 1.0 m) ulaştığı görülmüştür (Şekil 5).

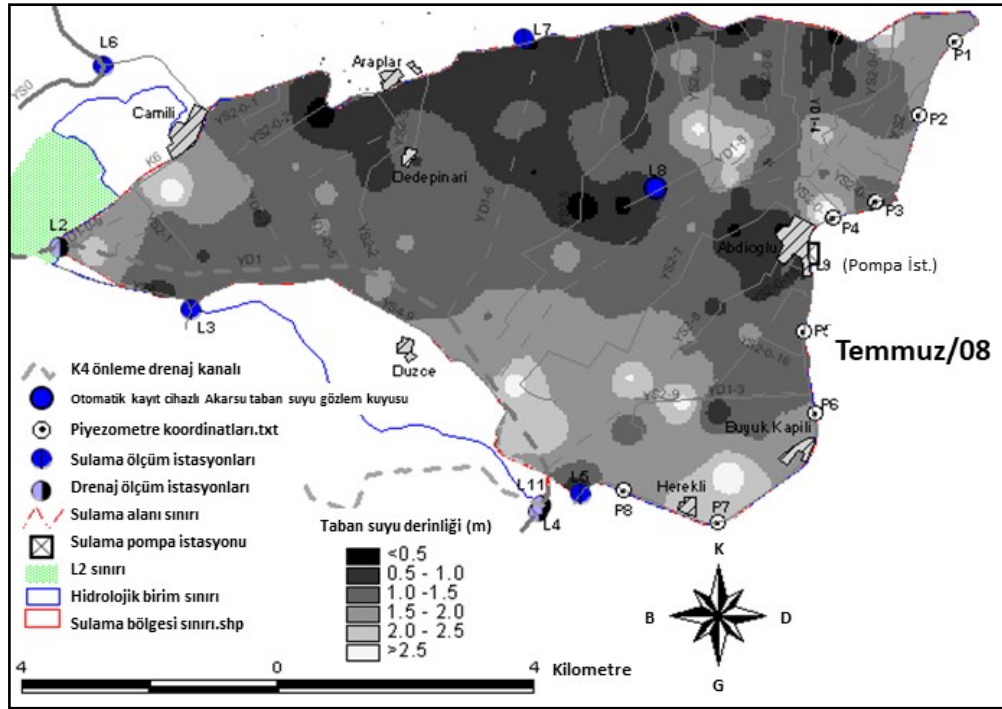


Figure 5. Spatial distribution of groundwater (GW) depths in the research catchment during the peak irrigation season, i.e. July

Şekil 5. Araştırma alanında sulamanın en yoğun olduğu temmuz ayında suyu derinliğinin dağılımı

Tablo 1’de ise taban suyu derinlikleri (m) ile kapladıkları alanlara (%) ilişkin bulgular verilmiştir. En yoğun sulama mevsimi olan temmuz ayında, araştırma sahasının %66.3’ünde taban suyu derinliğinin 1.5 m’den az olduğu; bir başka ifade ile taban suyunun bir çok bitkinin etkili kök derinliği içinde olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Kış mevsiminde ise, şiddetli yağışların kök bölgesine süzülerek taban suyunu yükseltmesi sonucunda araştırma alanının üçte birinden fazlasında, ciddi drenaj sorunları meydana gelmiştir. Kışın şubat ayında, alansal ortalama taban suyu derinliği 1.13 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Sulama mevsiminin sonunda ciddi drenaj sorunu (< 1 m) olan alanların yüzdesi oldukça düşük (%2.7) bulunmuştur. Yağış ve sulama sularından kaynaklanan drenaj sorunları kışın şubat ayında; yazın ise temmuz ayında meydana gelmiştir. Bu nedenle, drenaj sorununun çözümünde kış yağışları ve sulama uygulamaları dikkate alınması gereken iki faktördür.

Tablo 1. Araştırma sahasında taban suyu derinliğinin (m) alansal dağılımı (%)

Table 1. Areal coverage (%) of groundwater depths (in the unit of m) in the research area

Zaman	Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Taban suyu derinliği (m)			
		<1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0<
		Kıpladığı alan (%)			
Şubat/08	1.13±0.33	35.9	51.4	11.1	1.7
Nisan/08	1.38±0.28	6.5	59.3	32.1	2.1
Temmuz/08	1.37±0.43	20.6	45.7	25.6	8.2
Ekim/08	1.70±0.36	2.7	25.8	51.8	19.6

Bu araştırmanın yürütüldüğü Çukurova yöresinde Demir ve Antepli (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, sulama uygulamalarının en yüksek düzeylere temmuz ayında ulaştığı bildirilmektedir. Bu sonuçlar, temmuz

ayındaki tarımsal amaçlı su kullanımındaki artışın, drenaj sorununun şiddet ve yayılımı üzerine etki ettiği anlamına gelmektedir. Tarımsal bir havzada yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular; Demir ve Antepli (2004), Çetin ve ark. (2007)'in aynı bölgede yaptıkları çalışma sonuçlarıyla da uyumlu bulunmuştur.

3.2. Taban suyu tuzluluğunun zamansal değişimi

Taban suyu kalite parametreleri olarak; taban suyu elektriksel iletkenliği (EC, $dS m^{-1}$), taban suyunda toplam çözünmüş tuzlar (TDS, $g l^{-1}$) ile taban suyunda SAR değerleri incelenmiştir. Bu parametrelerin CBS ortamında haritaları çizilerek alansal dağılımları incelenmiş, alansal dağılım yüzdeleri hesaplanarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

Tablo 2'de araştırma sahasında yer alan drenaj gözlem kuyularından alınan su örneklerinde ölçülen taban suyu EC ($dS m^{-1}$) değerleri ile alansal dağılımları (%) sunulmuştur. Taban suyu tuzluluğunun alansal ortalamaları, kritik değer olan $5 dS m^{-1}$ değeri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu dikkati çekmektedir. Bununla birlikte, ortalama taban suyu tuzluluğu, yağışların seyreltme etkisi nedeniyle kış aylarında en düşük değere ulaşmıştır. Ancak, kış aylarında taban suyu tuzluluğunun değişkenliği artmaktadır. Araştırma alanının %10'undan fazlasında, kış ayları hariç olmak üzere, yıl boyunca taban suyu tuzluluğu $> 5 dS m^{-1}$ olmuştur. Sulama mevsimi sonunda taban suyu tuzluluğu artmakta ve drenaj mühendisliği açısından kritik değer (Cetin ve Diker, 2003) olan $5 dS m^{-1}$ üzerine çıkmaktadır. Ekim ayında taban suyu tuzluluğunun $> 5 dS m^{-1}$ olduğu alanlar, toplam alanın dörtte birinden daha büyüktür. Bu değerler, sahada yapılan literatür ile (Cetin ve Diker, 2003) uyumlu bulunmuştur.

Tablo 2. Çalışma alanında taban suyu EC ($dS m^{-1}$) değerleri ile alansal dağılımı (%)

Table 2. Areal coverages (%) of groundwater EC ($dS m^{-1}$) values in the study area

Zaman	Taban suyu tuzluluğu (EC, $dS m^{-1}$)						
	Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	<2	2-3	3-5	5-10	10-30	30<
Şubat/08	2.51±2.60	59.8	22.7	10.0	4.1	3.4	0.0
Nisan/08	3.39±3.32	39.7	20.8	23.6	11.4	4.4	0.1
Temmuz/08	3.00±3.30	50.6	20.5	16.9	7.6	4.2	0.2
Ekim/08	3.80±3.55	39.9	16.2	18.3	20.5	4.9	0.1

3.3. Taban suyunda toplam çözünmüş tuzların zamansal değişimi

Araştırma alanındaki taban sularında gözlenen toplam çözünmüş tuzların (TDS, $g L^{-1}$) zamansal değişimleri ve kapladığı alanlar Tablo 3'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde, taban suyundaki toplam çözünmüş tuzların alansal ortalamalarının zamana göre önemli bir değişim göstermediği ve birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Sulama mevsiminin tamamlanmasından sonra, taban suyunda toplam çözünmüş tuzların ortalama değerinde hafif bir artış meydana gelmiştir. Taban suyunda toplam çözünmüş tuzların $2 g L^{-1}$ 'den büyük olduğu alanlar, yıl boyunca toplam alanın %28'in üzerinde bulunmuştur. Sonuç olarak, taban suyunda toplam çözünmüş tuzların şiddeti ve kapladığı alanlar sulama mevsiminin sonuna doğru artmıştır.

Ülkemizde taban suyu tuzluluğunun sulama sezonunun en yoğun olduğu temmuz ayında genellikle düşük düzeylerde olduğu bilinir. Bu çalışmada da, sulamanın en yoğun olduğu dönemde aşırı sulama suyu kullanımının bir sonucu olarak temmuz ayında taban suyu örneklerinde ölçülen tuzluluk değerleri ekim ayı değerlerine kıyasla daha küçük çıkmıştır. Bununla birlikte, Cemek ve ark. (2006) sulanan alanların yaklaşık üçte birinin tuzluluktan küresel olarak etkilendiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Akdeniz havzasında birçok kurak ve yarı kurak bölgedeki tuzluluk, sulu tarımı tehdit etmektedir (Aragues ve ark., 2011). Drenaj mühendisliği bakımından kritik değer olarak kabul edilebilecek taban suyu tuzluluğunun $5 dS m^{-1}$ 'den daha büyük (DSİ, 1982; Çetin ve Özcan, 1999; Cetin ve Kirda, 2003; Cetin ve Diker, 2003) olduğu alanların yayılımı nisan ayında %15.8, temmuz ayında %12 ve ekim ayında %25.5 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2). ASO'da gözlenen bu değişimler Cetin ve Kirda (2003) tarafından

yapılan araştırmadaki bulgulara paralel olup, Said ve ark. (2021)'de denize yakın olan kıyı akiferlerde bu hususun önemine dikkat çekilmiştir.

Tablo 3. Çalışma sahasında taban suyunda gözlenen toplam çözünmüş tuzların (TDS, g L⁻¹) zamansal değişimi ve alansal dağılımları (%)

Table 3. Temporal changes of areal means of total dissolved solids (TDS in the units of g L⁻¹) in GW and areal coverages (%)

Zaman	Alansal ortalamalar ve standart sapmaları	Toplam çözünmüş tuzlar (TDS, g L ⁻¹)				
		<1.4	1.4-2	2-5	5-10	>10
		Kıpladığı alan (%)				
Şubat/08	2.22±2.700	43.3	28.3	21.7	4.4	2.4
Nisan/08	2.356±2.318	39.8	20.6	31.9	5.8	1.9
Temmuz/08	2.202±2.250	43.5	22.2	27.1	5.4	1.8
Ekim/08	2.723±2.311	35.9	16.0	35.5	10.7	1.8

3.4. Taban suyu sodikliğinin zamansal değişimi

Taban suyunun alkaliliği (sodikliği), genellikle sodyum adsorpsiyon oranı olan SAR kullanılarak değerlendirilmektedir (Said ve ark., 2021). Araştırmada, gözlem süresi boyunca taban suyunda gözlenen SAR'ın alansal ortalamalarının, eşik SAR değeri olan 13'ün altında (Said ve ark., 2021) ölçülmüştür (Şekil 6). Bununla birlikte, Şekil 6'da görüldüğü gibi, sulama mevsiminin sonunda (ekim ayında), toplam alanın %10'undan daha geniş alanlarda kritik SAR değerinden daha büyük değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Mekansal dağılımlar incelendiğinde, sulama mevsimi başlangıcı olan nisan ayı ve sulamaların en yoğun olduğu temmuz ayı arasındaki dönemde bir fark bulunamamıştır (Şekil 6).

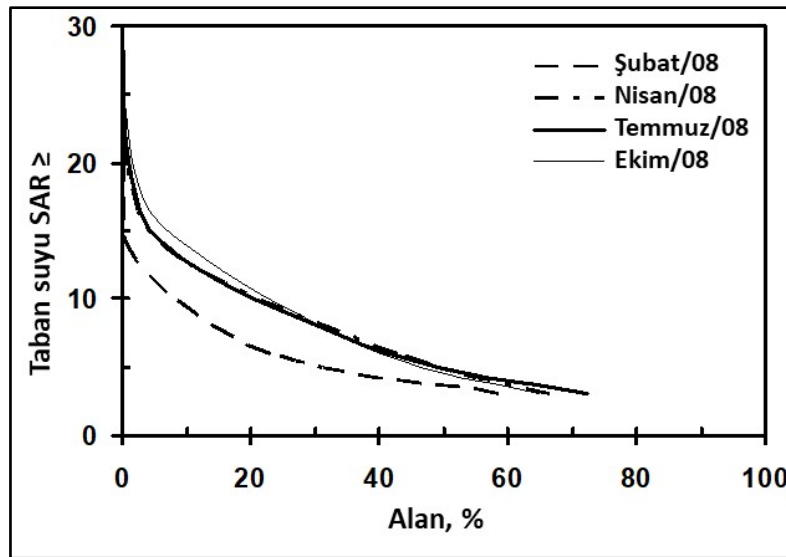


Figure 6. Temporal changes in the hypsometric curves of groundwater SAR in the research area.

Şekil 6. Araştırma sahasında taban suyu SAR değerlerinin hipsometrik eğrileri: Mekansal ve alansal değişimler.

Taban suyunda tuz içeriğinin yüksek olması, yetersiz drenaj, yüksek SAR değerlerinin tuzluluk ve alkalilik sorunlarını tetikleyeceği (FAO, 2001; Cetin ve Kirda, 2003; Demir ve Antepli, 2004) açıktır. Bu bağlamda taban suyu SAR değerlerine dikkat edilmesi ve sürekli izlenmesi önem arz etmektedir. Aragues ve ark. (2011), sulanan alanlardaki tuzluluğun ve alkaliliğin yetersiz sulama yönetiminin, sulama suyunun düşük randımanlı yüzey sulama yöntemleri ile uygulanmasının bir sonucu olabileceğine işaret etmişler; Akdeniz havzasındaki sulama alanlarında ortaya çıkan sorunlara değinmişlerdir.

4. Sonuç

Araştırma alanında, 60 yıldan daha uzun bir süredir sulu tarım uygulamaları yapılmaktadır. Sulama uygulamalarının yoğun bir şekilde yapıldığı bölgelerde zamanla taban suyu ve tuzluluk gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Kışın meydana gelen yağışlar, araştırma alanının üçte birinden fazlasında ciddi drenaj sorunlarına neden olmuştur. Araştırma alanının kuzey kesimlerinde, taban suyu derinliği kritik seviyelerde (< 1 m) tespit edilmiştir. Sulama uygulamalarının en yoğun temmuz ayında, alanın %66.3'ünde taban suyu derinliği 1.5 m'den daha sığ bulunmuştur. Araştırma alanındaki drenaj sorununun temel kaynağı kış aylarında yağışlar; yaz aylarında ise aşırı sulama suyu uygulamalarıdır. Yağışlı dönemler ile pik sulama mevsiminde araştırma alanının önemli bir kısmında taban suyu derinliği bitki kök bölgesinde kalarak drenaj sorununa neden olmuştur.

Taban suyu tuzluluğunun alansal ortalamaları, kritik değer olan 5 dS m⁻¹ ile karşılaştırıldığında, oldukça düşük bulunmuştur. Bununla birlikte, ortalama taban suyu tuzluluğu, kışın yağışların seyreltme etkisi nedeniyle en düşük değere ulaşmıştır. Ancak, taban suyu EC değerlerinin değişkenliği oldukça yüksek düzeylere çıkmıştır. Alanın %10'undan fazlasında, kış ayı hariç, yıl boyunca her zaman taban suyu tuzluluğu > 5 dS m⁻¹ değerine sahip olmuştur.

Taban suyunda toplam çözünmüş tuzların şiddeti ve kapladığı alanlar sulama mevsiminin sonunda en yüksek seviye ulaşmıştır. Taban suyunun alansal ortalama SAR değerleri, gözlem süresi boyunca eşik SAR değeri olan 13'ün altında kalmıştır. Bununla birlikte, sulama mevsiminin sonunda kritik değerden daha büyük SAR değerlerine sahip olan ve izlenmesi gereken alanlar, toplam alanın %10'undan daha büyük bulunmuştur.

Araştırma alanındaki sulama şebekesi, “devamlı akış yöntemi”yle işletilmektedir. Bu işletme yönteminde genellikle gece sulamaları yapılmadığından sulama randımanlarının düşmesine; sistemdeki sulama suyunun geceleri drenaj olarak şebekeden akmasına neden olmuştur. Sulama suyundan tasarruf sağlanması ve aşırı sulama suyu uygulamalarının neden olduğu drenaj sorunlarının azaltılması için sulama yönetiminin gece sulama uygulamalarını teşvik etmesi; yüzey sulama yöntemleri yerine yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik tedbirlerin ivedilikle alınması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı kapsamında QUALIWATER: Diagnosis and Control of Salinity and Nitrate Pollution in Mediterranean Irrigated Agriculture isimli proje (Proje No: INCO-CT-2005- 015031) ve Çukurova Üniversitesi Katılımlı Araştırma Projesi (Proje No: ZF2006KAP1) ile finanse edilmiştir. Hakkın rahmetine kavuşan Sayın Prof. Dr. Cevat KIRDA Hocamıza, QUALIWATER projesindeki katkıları ve emekleri için sonsuz şükranlarımızı sunarız.

Kaynakça

- Amezket, E. (2006). An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. *Journal of Arid Environments* 67: 594–606.
- Aragues, R., Urdanoz, V., Çetin, M., Kirda, C., Daghari, H., Ltifi, W., Lahlou, M., Douaik, A. (2011). Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. *Agric. Water Manage.* 98: 959–966.
- Büyükcangaz, H., Değirmenci, H. (2002). Drenaj sularının sulamada yeniden kullanılması. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya, s. 614–617.
- Cemek, B., Guler, M., Arslan, H. (2006). Determination of salinity distribution using GIS in Bafra plain right land irrigated area. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 37: 63-72.
- Cetin, M. (2020). Agricultural Water Use. In: N. B. Harmancioglu, D. Altinbilek (eds.), *Water Resources of Turkey*, Chapter 9, World Water Resources, Springer Nature Switzerland AG 2020, Vol. 2: 257-302.
- Cetin, M., Diker, K. (2003). Assessing drainage problem areas by GIS: A case study in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Irrigation and Drainage* 52: 343–353.
- Cetin, M., Kirda, C. (2003). Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology* 272: 238–249.
- Çetin, M., Kirda, C., Efe, H., Topçu, S. (2007). Aşağı Seyhan Ovası'nda taban suyu derinliği sulama ilişkilerinin coğrafi bilgi sistemi ile irdelenmesi (in Turkish). V. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 5–7 Eylül 2007, Ankara, Sayfa, pp. 419-428.
- Çetin, M., Özcan, H. (1999). Aşağı Seyhan Ovasında Sulanan ve Sulanmayan Alanlarda Meydana Gelen Sorunlar ve Çözüm Önerileri: Örnek Bir Çalışma. TÜBİTAK *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(1): 207-217.
- Çölaşan, U. E. (1970). Türkiye İklim Klavuzu. Ogun Kardeşler Matbaası, (Turkish) Ankara.
- Demir, N., Antepli, N. (2004). Aşağı Seyhan Ovası sulaması taban suyu ve tuzluluk problemleri değerlendirme çalışması. Sulana Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, 20–21 Mayıs 2004, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E. (1995). Çukurova Bölgesi Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi yardımcı ders kitabı, No:26, (Turkish) Adana.
- DSİ (1982). ASO IV. Merhale Projesi Planlama Drenaj Raporu, Ankara.
- FAO (2001). Drainage and sustainability. IPTRID Issues Paper No. 3, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2002). Crops and drops: Making the best use of water for agriculture, food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Gündoğdu, K. S. (2004). Sulama proje alanlarındaki taban suyu derinliğinin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. *Uludağ Ü. Ziraat Fak. Der.* 18(2): 85–95.
- İstanbuluoğlu, A., Konukcu, F., Kocaman, İ. (2006). Development of water resources and agricultural practices under irrigation in Thrace Region: Analysis of existing data for the solution of problems. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi- Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 3(2): 139-152.
- Kaman, H., Çetin, M., Kirda, C. (2011). Effects of Lower Seyhan Plain irrigation on groundwater depth and salinity. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 9(1): 648-652.
- Konak, C., Yılmaz, R., Arabacı, O. (1999). Salt tolerance in Aegean Region's wheats. (Turkish with English Abstract) *Tr. J. of Agr. and For.* 23(5): 1223–1229.
- Konukcu, F., Akbuğa, R. (2006). Impact of shallow and saline water tables on the Soil's Water and Salt Balance of Konya-Cumra District under Irrigation. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi- Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 3(2): 105-117.
- Lamsal, K., Paudyal, G. N., Saeed, M. (1999). Model for assessing impact of salinity on soil water availability and crop yield. *Agr. Water Manage.* 41: 57–70.
- Said, A. A., Yurtal, R., Cetin, M., Golpınar, M. S. (2021). Evaluation of some groundwater quality parameters using geostatistics in the urban coastal aquifer of Bosaso plain, Somalia. *Journal of Agricultural Sciences* 27(1): 88-97.
- Szabolcs, I. (1989). Salt-affected soils. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla., p. 274.
- Thales, (2005). Magellan explorer 600 reference manual. Thales S. A., USA, pp. 123.

Santrifüj Gübre Dağıtma Makinesinde İki Farklı Tahrik Sisteminin Karşılaştırılması


Comparison of Two Different Drive Systems on Fertilizer Broadcaster


Cengiz MERT¹, Ali AYBEK^{2*}, Hamza KUZU³


Öz

Birçok tarım makinesi (toprak frezeleri, ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama, biçme balyalama, silaj vb. makineler) traktör kuyruk milinden hareket alarak çalıştırılmaktadır. Traktör kuyruk milinden hareket, bir mafsallı mil (ara mil) ile tarım makinelerine aktarılmaktadır. Mafsallı mil hareket iletiminde, mekaniksel olumsuzlukların yanında, çalışma sırasında operatörün sağlık ve güvenliğini etkileyecek gürültü, titreşim ve mile dolanma riskleri de vardır. Bu çalışmada, santrifüj gübre dağıtma makinesine traktör kuyruk milinden verilen harekete alternatif olarak oluşturulan hidrolik bir sistemin, açık devre hidrolik sisteme sahip traktörün hidrolik sistemine bağlanarak çalışması sağlanmıştır. Her iki hareket iletimi (mafsallı mil ve hidrolik motor) durumlarında makinenin çalışma koşullarında; gübre dağılım düzgünlüğü, traktör yakıt tüketimi, oluşan gürültü ve titreşim değerleri belirlenerek karşılaştırılmıştır. Mekanik sistemli çalışmada ortalama gürültü düzeyi; makine üzerinde 91.01 (dBA), traktör kabini içerisinde ise 81.93 (dBA) olarak belirlenmiştir. Hidrolik sistemli çalışmada ise ortalama gürültü düzeyi; makine üzerinde 81.15 (dBA), traktör kabini içerisinde ise 71.85 (dBA) olarak belirlenmiştir. Mekanik sistemin toplam titreşim ivmesi makine üzerinde 68.36 m s^{-2} , traktör sürücü koltuğunda ise 3.23 m s^{-2} olmakta iken hidrolik sistemin toplam titreşim ivmesi makine üzerinde 60.02 m s^{-2} , traktör sürücü koltuğunda ise 2.64 m s^{-2} olarak belirlenmiştir. Hidrolik sisteme sahip makinenin gübre dağılım düzgünlüğü açısından mekanik sisteme göre önemli bir farklılığı olmadığı, ancak yakıt tüketimi ve traktör sürücüsünün sağlığı açısından önemli olan gürültü ve titreşim değerleri bakımından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Gübre dağıtma makinelerinin hidrolik sistem ile çalıştırılması makinenin hem verimini hem de etkinliğini arttırabilecek ergonomik açıdan da alternatif bir sistem olabilecektir. Traktör kuyruk milinden hareket alan diğer makinelerin de hidrolik motor uygulamaları ile çalıştırılmaları konusunda çalışmalar yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik motor, Gübre dağıtma makinesi, Traktör hidrolik sistemi, Gübre dağılım düzgünlüğü, Traktör yakıt tüketimi

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Aybek, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: aaybek@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0003-3036-8204

¹Cengiz Mert, Ekinözü İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: cengiz.mert@tarimorman.gov.tr  ORCID: 0000-0001-7862-0793

³Hamza Kuzu, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: hamzakuzu@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0001-8585-4467

Atıf/Citation: Mert, C., Aybek, A., Kuzu, H. Santrifüj Gübre Dağıtma Makinelerinde Hidrolik Motor Uygulaması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 660-674.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Many agricultural machines (rotary tiller, planting, fertilizing, pesticide, irrigation, shearing, baling, silage machines etc.) are operated by getting motion from the tractor power takeoff. The motion from the tractor power takeoff (PTO) is transferred to the agricultural machines via an articulated shaft (the intermediate shaft). In motion transmission with an articulated shaft, in addition to mechanical adversities, there are risks of noise, vibration and entanglement which will affect the operator's health and safety during operation. In this study, a hydraulic system, which is formed as an alternative to the movement given by the PTO to the fertilizer broadcaster is connected to the hydraulic system of the tractor with open circuit hydraulic system. In the case of both motion transmissions (articulated shaft and hydraulic motor), operating conditions of the machine; fertilizer distribution uniformity, tractor fuel consumption, noise and vibration values were determined and compared. While mean noise level in mechanical system were determined as 91.01 (dBA) on the machine and 81.93 (dBA) in the tractor cabine, mean noise level in hydraulic system were determined as 81.15 (dBA) on the machine and 71.85 (dBA) in the tractor cabine. While the total vibration acceleration of the mechanical system were determined as 68.36 m s⁻² on the machine, 3.23 m s⁻² on the tractor driver seat, the total vibration acceleration of the hydraulic system were determined as 60.02 m s⁻² on the machine and 2.64 m s⁻² on the tractor driver seat. It has been determined that the machine with hydraulic system does not differ significantly from the mechanical system in terms of fertilizer distribution uniformity, but it is more suitable in terms of fuel consumption and noise and vibration values that important for the health of the tractor driver. Operating the Fertilizer broadcaster machines with a hydraulic system can be an alternative system in terms of ergonomics that can increase both the efficiency and effectiveness of the machine. Works can be done to operate other machines driven from the PTO with hydraulic motor applications.

Keywords: Hydraulic motor, Fertilizer broadcaster, Tractor hydraulic system, Fertilizer distribution uniformity, Tractor fuel consumption.

1. Giriş

Her yıl dünyada 10 milyonlarca ton kimyevi gübre, form olarak granül halde, tarla yüzeylerine elle veya makinelerle serpilerek toprakta gübreleme işlemi yapılmaktadır. Ülkemizde tarımın gelişimine bağlı olarak kimyevi gübre kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda, 2017 yılı kimyevi gübre ihtiyacımız 2015 yılına göre %8.7 oranında artarak 6.3 milyon tona ulaşmıştır (Anonim, 2019a). Ülkemizdeki tarım işletmelerinin geniş çaplı tarım arazilerinde granül kimyevi gübre uygulamalarında santrifüj gübre dağıtma makinelerinden yararlanılmaktadır. 2019 yılı tarım istatistiklerine göre ülkemizde 434 755 adet kimyevi gübre dağıtma makinesi bulunmaktadır (Anonim, 2021).

Granül kimyevi gübrenin tarlaya atılmasında farklı çalışma sistemlerine sahip makineler kullanılmaktadır (Safer, 2008). Bunlar; 1) Traktör kuyruk milinden hareketli mafsallı bir mülle çalıştırılan, 2) Tekerlekten hareket alarak çalıştırılan, 3) Hidrolik motor vasıtası ile hareketlendirilerek çalıştırılanlardır.

Bu makinelerden en yaygın kullanım alanına sahip olanı traktör kuyruk milinden mafsallı bir mülle hareket alarak çalışan santrifüj gübre dağıtma makineleridir. Bunun nedeni makinelerdeki sistemin basit ve ucuz olmasının yanında gübreyi istenilen biçimde tarla yüzeyine dağıtabilmesidir. Santrifüj gübre dağıtma makinelerinde kullanılan bu hareket sisteminin bazı olumsuzlukları gözlenmektedir. Bunları sıralamak gerekirse operatörün makineyi traktöre bağlaması veya çalıştırması durumlarında mülle dolanma riski, sistemin mekanik olmasından kaynaklı yüksek oranda gürültü, titreşim vb. risklerdir. İş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için öncelikle kullanılacak makine ve sistemlerin kabul edilmiş sağlık ve güvenlik standartlarını karşılaması gerekmektedir (Temel ve Öztekin, 2020).

Hidrolik motor vasıtası ile hareketlendirilerek çalıştırılan makinelerdeki sistem yapı itibarı ile mafsallı mülle hareketlendirilen sisteme göre karmaşık ve maliyeti yüksektir. Buna karşın bu sistem geleneksel mekanik sistemlere göre birçok olumlu çıktıyı (daha düşük değerlerde enerji, gürültü, titreşim sağlama) da içerisinde barındırmaktadır (Anonim, 2017a).

Bu çalışmada traktörden santrifüj gübre dağıtma makinesine hareket aktarımı gerçekleştiren mafsallı mülle alternatif olabilecek bir hidrolik sistem oluşturulmuştur. Bu sistem traktörün hidrolik pompasından gelen hidrolik enerjiyi traktörün hidrolik yağ çıkışlarından alarak hidrolik hortumlar vasıtası ile gübre dağıtma makinesi üzerine monte edilen hidrolik motora iletilmesi ve buraya iletilen hidrolik enerjinin yine hidrolik motor vasıtası ile mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan sisteme benzer olarak hidrolik motor ile hareketlendirilen makineler gelişmiş ülkelerde hali hazırda kullanılmaktadır. Ancak söz konusu sistem, bu çalışma ile ülkemizde ilk kez uygulanmıştır.

Bu çalışmanın genel amacı; santrifüj gübre dağıtma makinesine traktör kuyruk milinden verilen harekete alternatif olarak traktörün hidrolik sistemine bağlanan bir hidrolik motor yardımı ile hareketlendirilmesini sağlamaktır.

Spesifik amaçlar ise şunlardır;

- Santrifüj gübre dağıtma makinesinin hareketlendirilmesi için bir hidrolik sistem tasarımının gerçekleştirilmesi,
- Santrifüj gübre dağıtma makinesinin 2 farklı yönteme (mekanik, hidrolik) göre; arazi testleri ile gübre dağılım düzgünlüğü, yakıt, güç tüketimi değerlerini ve traktör operatörü üzerindeki etkisini (gürültü, titreşim) belirlemek,
- Santrifüj gübre dağıtma makinesi üzerinde yapılan konstrüktif değişikliğin, makine üzerinde olumlu ve olumsuz bir etki yapıp yapmadığını değerlendirmek ve değerlendirme sonucunda, daha sağlıklı ve güvenli çalışma şartlarının oluşturulması için öneriler geliştirmek,
- Gelecekte yapılacak olan benzer çalışmalara temel oluşturmak.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Denemelerde New Holland TD100D marka traktör kullanılmıştır. Çalışmada bu tip bir traktörün kullanılmasının amacı günümüz tarım tekniğinin gerekliliği olan yüksek hidrolik kapasiteyi bünyesinde barındırmasıdır. Denemede kullanılan traktörün hidrolik sistemi açık devre mantığı ile çalışmaktadır. Katalog verileri göz önüne alındığında, bu traktör arka hidrolik çıkışlarından azami 200 bar basınçta 50.1 L min⁻¹ hidrolik yağ debisi sağlamaktadır.

Çalışmada 600 L kapasiteli, 8 ile 16 metre arası çalışma genişliğine sahip AgroFem marka çift diskli santrifüj gübre dağıtma makinesi kullanılmıştır. Makinenin genel ölçüleri; ağırlığı 210 kg, dişli kutusu dişli oranı 1:1, genişlik 1500 mm, uzunluk 1190 mm'dir.

Gübre serpmeye makinesini traktör hidrolik sistemi ile eşzamanlı bir şekilde çalıştırabilmek için tasarımı gerçekleştirilen mekanik bağlantı kiti, hidrolik motor, hidrolik kontrol, hidrolik yağ ve hidrolik bağlantı elemanlarından oluşan hidrolik sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde bulunan parçaların özellikleri ayrıntılı olarak bulgular kısmında yer almaktadır.

Denemelerde 20-20 NP granül gübre kullanılmıştır. Denemelerin ekim ayı içerisinde yapılması nedeniyle bu gübrenin kullanımı daha uygun görülmüştür.

Kuyruk mili torku ve kullanılan granül gübre serpmeye makinesinin, çalışabilmesi için ne kadarlık bir kuvvet gerektiği, Datum 420 PTO elektronik güç ölçüm cihazı yardımıyla ölçülmüştür (Anonim, 2016). Torkmetre; tork, devir ve buna bağlı oluşan gücü kW olarak göstermektedir. Bu ölçüm sonucu bulunan değerler ışığında hidrolik olarak hareketlendirilen sistemin de tasarımı şekillendirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen yeni hidrolik sisteme göre çalışan gübre serpmeye makinesi sorunsuz bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

Çalışma esnasında traktör operatörünün maruz kaldığı gürültü seviyesi ve gübre dağıtma makinesinin kabin dışındaki serbest ortama yaydığı gürültü düzeyi Brüel & Kjaer 2250 marka cihazla belirlenmiştir (Anonim, 2019b).

Traktörün operatör koltuğu ve direkt olarak granül gübre dağıtma makinesinin gövdesinde yatay, dikey ve düşey düzlemede oluşan titreşimler, gübre dağıtma makinesinin disklerine hareket iletimi sağlayan şanzımana bağlanarak, PCE-VM 3D marka titreşim ölçüm cihazı yardımıyla belirlenmiştir (Anonim, 2015).

Gübre dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi için toplanan granül gübre örneklerinin tartımında AND-HR-250 AZ marka mikro terazi kullanılmıştır (Anonim, 2019c). Mikro terazi ± 0.0001 g hassasiyette ölçüm yapabilmektedir.

Traktör hidrolik sisteminden gelen akışkan yağın basıncı PCE-SCJN 400 marka manometre ile belirlenmiştir (Anonim, 2017b). Dijital ekranlı elektronik esasa göre çalışan, manometre kullanılmasının temel amacı, günümüz araştırma tekniğine uygunluk ve bu çalışma açısından yüksek önem arz eden verilerin en hassas ve doğru bir biçimde belirleyebilmektir.

Granül gübre dağıtma makinesi tarafından tarla yüzeyine serpilene gübre örneklerinin toplanması amacıyla içi 100x100 bölüntü olacak biçimde 500x500 kare kutular kullanılmıştır (*Şekil 1*). Çalışmada kullanılan kare kutuların boyutları, ISO 5690/1 ve ASAE Standard (1998) S 341.2 çerçevesinde oluşturulmuştur.

Traktör kuyruk mili ile gübre dağıtma makinesi arasına bağlanan mafsallı milin ve hidrolik motorun gübre dağıtma makinesi hareket mili devri, PCE-151 marka devir ölçer ile belirlenmiştir (Anonim, 2017c). Söz konusu devir ölçerin kullanılmasının nedeni hem temas hem de dönel bir parçanın üzerine yapılandırılan yansıtıcı vasıtasıyla temassız olarak uzaktan optik algılama yöntemi ile devir tespiti yapabilmesidir.

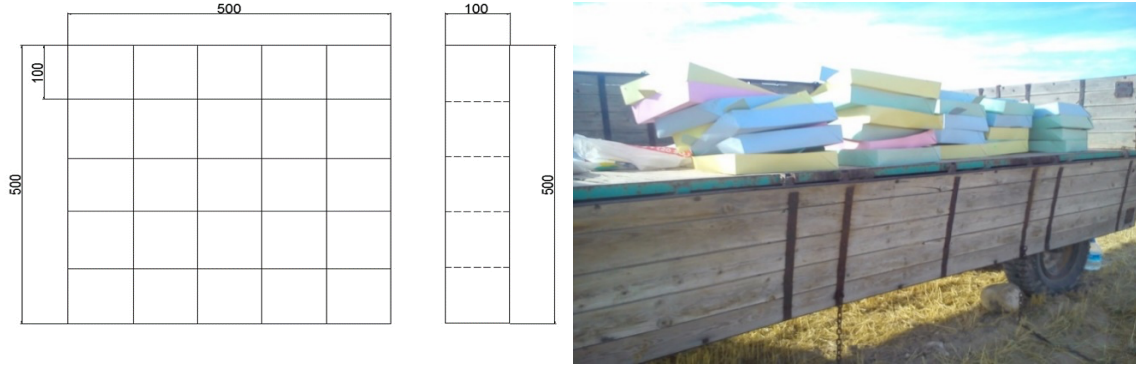


Figure 1. Square boxes with compartments

Şekil 1. Bölümlü kare kutular

2.2. Metot

Çalışmada, santrifüj gübre dağıtma makinesinin mekanik ve hidrolik hareket iletim sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için geleneksel mekanik sistemle çalışan bir makine kullanılmakla birlikte, aynı makinenin hidrolik sistemle çalışacak şekilde hidrolik sistem oluşturulmuştur. Hidrolik olarak hareket alan sistemin kurulumu kısaca aşağıdaki sıralamaya göre gerçekleştirilmiştir.

Sistemin kurulumu için gerekli olan hidrolik bağlantı elemanları (hidrolik motor, valfler, hidrolik borular vb.) temin edilmiştir. Santrifüj gübre dağıtma makinesinin üzerinde bulunan mile hidrolik güç transferi ile makinenin hareketlenmesini sağlayacak mekanik bağlantı kiti imal edilerek makine üzerine montajı gerçekleştirilmiştir. Bağlantı kitinin 3 boyutlu görseli Şekil 2’de görülmektedir. Bu görselin ve çalışma çerçevesinde oluşturulan hidrolik sistem parçalarının tasarımı SolidWorks 2013 çizim programında gerçekleştirilmiş daha sonra ise montajlanan modeller KeyShot 4 programında render işlemine tabi tutularak görsel gerçeklik artırılmıştır. Son olarak imalatı gerçekleştirilen ve standart olarak seçilen tüm parçalar montajlanarak santrifüj gübre dağıtma makinesi hidrolik güç yardımı ile hareketlendirilmiştir.

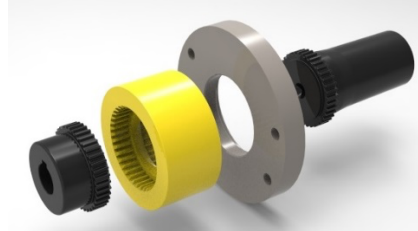


Figure 2. Mechanical connection kit transferring hydraulic power to the manure spreader

Şekil 2. Hidrolik gücü gübre dağıtma makinesine aktaran mekanik bağlantı kiti

Santrifüj gübre dağıtma makinesi arazi koşullarında testlere tabi tutularak, her iki yöntem (mekanik, hidrolik) için aşağıda sıralanan ölçümler standartlara uygun bir biçimde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Gübre dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Bu ölçümde; ilk olarak geleneksel sistemde makinenin gübre dağıtım düzgünlüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu işlem şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Tarla yüzeyine 100x500x500 mm boyutlarındaki kare kutular yan yana dizilmiştir. Traktör tekerleğinin kutuları ezmemesi için ortada bulunan 2 adet kutunun sağından ve solundan ikişer tane kutu kaldırılmıştır. Daha sonra soldan başlanarak, kutular birden otuz ikiye kadar numaralandırılmıştır. İçerisi önceden granül ile gübre doldurulan gübre dağıtma makinesi, kuyruk mili devri 540 min⁻¹'e ulaştıktan sonra traktör hareket ettirilmiş ve gübrenin tarla yüzeyindeki kutuların içerisine dolması sağlanmıştır. Şekil 3’te traktörle tarlada çalışırken gübre dağıtımı görülmektedir.



Figure 3. Manure distribution when working in the field with a tractor

Şekil 3. Traktörle tarlada çalışırken gübre dağıtımı

Kutuların içerisinde biriken gübre taneleri küçük poşetler içine alınarak kutu numarasına göre etiketlenmiş ve örnekler oluşturulmuştur. Toplanan örneklerin laboratuvar ortamındaki tartımları aşağıdaki sıralamaya göre gerçekleştirilmiştir:

- Örnek poşet içerisinde olmak kaydı ile uygun şekilde hassas teraziye yerleştirilmiştir.
- Oluşan değer hassas terazinin dijital ekranından okunarak kayda geçirilmiştir.
- Bu işlem tüm örnekler için tekrarlanarak, net olmayan ağırlıkları belirlenmiştir.

Tüm örneklerin net olmayan ağırlıkları belirlendikten sonra 1 adet boş poşetin ağırlığı hassas terazi yardımı ile ölçülmüş ve örneklerin net olmayan ağırlıklarından çıkarılarak, örneklerin gerçek ağırlıkları belirlenmiştir.

Aynı işlemler hidrolik olarak hareket iletimi sağlanan sistemde de gerçekleştirilmiş ve gübre dağılım düzgünlüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu işlemler ISO 5690-1: 1985 ve TS 2541 deney esaslarına uygun olacak biçimde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Traktörün güç ve yakıt tüketiminin belirlenmesi

Mekanik ve hidrolik sistemle hareketlendirilen santrifüj gübre dağıtma makinesine güç sağlayan traktörün kuyruk mili gücü değerleri elektronik esaslı torkmetre ile belirlenmiştir. Traktörün her iki sisteme göre yakıt tüketimi değerleri, traktör yakıt deposuna, her bir işlem için ölçülü kap yardımı ile ekleme yapılarak belirlenmiştir.

2.2.3. Gürültü düzeyinin belirlenmesi

Gürültü düzeyinin belirlenmesinde ilk olarak geleneksel sisteme (mafsallı mülle hareketlenen) göre yapılmış daha sonra hidrolik güçle hareketlenen sisteme de uygulanmıştır. Ölçümler deneme parselinde çalışılırken traktör kabini içerisinde sürücü kulak düzeyinde ve gübre dağıtma makinesi üzerinde yapılmıştır. Her bir ortam için 3 tekerrürlü olarak, her tekerrür için 13 kez tekrarlanmış ve her ortam için toplamda 39 adet değer ölçülmüştür.

Traktör kabini içinde gürültü düzeyinin belirlenmesinde ölçüme başlamadan önce denemede kullanılan traktör uygun şekilde hazırlanmıştır. Santrifüj gübre dağıtma makinesi yüklü ve çalışır vaziyette, traktörün 540 min⁻¹ kuyruk mili dönüşünü sağladığı katalog değerine ulaşıldığı anda traktör devri sabitlenmiş ve ölçüm cihazı traktör operatörü kulak seviyesinde tutularak, cihaz üzerinde bulunan başlat tuşuna basılarak ölçüme başlanmıştır. Ölçüm cihazının sayısal ekranında oluşan değerler 3 saniye arayla okunarak belirlenmiştir. Ortalama gürültü düzeyinin belirlenmesi bu veri ışığında değerlendirilmiştir.

Traktör kabini dışında gürültü düzeyinin belirlenmesinde ölçüme başlamadan önce traktör üzerinde gerekli kontroller yapılmıştır. Bu ölçüm, deneme parseli üzerinde ilerleme olmadan, traktörün 540 min⁻¹ kuyruk mili dönüşünü sağladığı gerekli motor devrinde ve granül gübre dağıtma makinesi yüklü ve çalışır durumdayken, gürültü ölçüm cihazının gübre dağıtma makinesine 1 metre mesafede olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kabin içindeki ölçümde olduğu gibi gerekli şartlar sağlandıktan sonra, cihaz üzerinde bulunan başlat tuşuna basılmış ve

gürültü ölçümü sonucu oluşan değerler sayısal ekran yardımı ile 3 saniye arayla okunarak belirlenmiştir. Kabin dışı ortalama gürültü düzeyi bu verilere göre belirlenmiştir.

2.2.4. Titreşim değerlerinin belirlenmesi

Çalışmada mekanik ve hidrolik sistemle hareketlendirilen aynı santrifüj gübre dağıtma makinesi, bu araştırma için özel olarak tasarlanan hidrolik uyum kiti ve mafsallı mil yardımıyla farklı zaman aralıkları ile çalıştırılmış ve aşağıda sıralanan titreşim ölçümleri aynı şartlar sağlanarak yapılmıştır. Bu sistemlerin oluşturduğu titreşimlerin traktörün sürücü koltuğundan, operatöre hangi şiddette etki ettiği; ayrıca bu iki sistemin ortaya çıkardığı titreşimlerin makinenin konstrüksiyonu üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Titreşim değerleri; hem traktör kabini içinde bulunan sürücü koltuğunda hem de granül gübre dağıtma makinesi üzerinde oluşan titreşimler dikkate alınarak 3 boyutlu (x, y, z) olarak belirlenmiştir.

Sürücü koltuğunda oluşan titreşimlerin belirlenmesi için kalibrasyon işlemi daha önceden yapılan 3 boyutlu titreşim ölçüm cihazının miknatıslı 3 boyutlu algılayıcı probu, sürücü koltuğunun metal olan alt kısmına sabitlenmesi ile ölçüme başlanmıştır. Bu ölçüm, traktör deneme parselinde ilerlemekteyken ve granül gübre dağıtma makinesi çalışır vaziyetteyken gerçekleştirilmiştir.

Makine gövdesinde oluşan titreşim değerlerinin belirlenmesi, traktörün sabit granül gübre dağıtma makinesinin çalışır vaziyette olduğu durumda gerçekleştirilmiştir. Titreşim ölçüm cihazının miknatıslı metal algılayıcı probu makine çalışır vaziyetteyken, makine gövdesinin üst kısmına sabit olarak yerleştirilmiş ve makine üzerinde oluşan titreşim değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Titreşim değerlerinin belirlenmesinde TS EN ISO 5349-1 standardına göre frekans ağırlıklı ivmenin karelerinin ortalamasının karekökü (Root Mean Square – RMS) değeri (ahw) ele alınmaktadır (TS EN ISO 5349-1, 2005; Civelek ve Gülsoylu, 2010; Sabancı ve Sümer 2011). Ölçümlerde her titreşim koordinat eksenini için ivme değerleri ölçülmektedir. Üç eksenli frekans ağırlıklı ivmeleri birleştiren toplam titreşim ivmesi değerleri (K_t) ise Eşitlik 1 ile belirlenmektedir (Babalık, 2007).

$$K_t = \sqrt{K_x^2 + K_y^2 + K_z^2} \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte; K_x : x eksenindeki, K_y : y eksenindeki, K_z : z eksenindeki frekans ağırlıklı ivmenin RMS değeri (m s^{-2})'dir. Tüm eksenlerdeki ölçümler herhangi bir düzeltme yapılmadan ham veri şeklinde alınarak değerlendirilmiştir.

2.2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Santrifüjlü gübre dağıtma makinesinin her iki tahrik (mekanik ve hidrolik) sisteminden elde edilen veriler (gübre dağılımı, güç ve yakıt tüketimi, gürültü ve titreşim) tablo ve grafiklere aktarılarak değerlendirilmiştir.

İki bağımsız grup arasındaki farklılığı test etmek için Mann-Whitney U testi kullanılabilir. Bu test bağımsız örnekler için uygulanan t-testlerinin parametrik olmayan alternatifidir. T-testinde olduğu gibi, iki grubun ortalamalarının karşılaştırılması yerine, Mann-Whitney U testi grupların medyanlarını karşılaştırır. Sürekli değişkenlerin, iki grup içerisinde değerlerini sıralı hale dönüştürür. Böylece, iki grup arasındaki sıralamanın farklı olup olmadığını değerlendirir (Demirgil, 2005). Her iki sistemde gübre dağılımı, gürültü ve titreşim değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığına karar vermek için SPSS programında önce verilerin normal dağılım testi yapılmıştır. Analiz sonucunda veriler normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testinin uygun olduğu görülmüş ve bu teste göre her iki sistem arasındaki fark istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Hidrolik motor ile hareketlendirilen sistemin tasarımı ve kurulumu

Bu çalışma kapsamında oluşturulan hidrolik hareket sistemi santrifüj gübre dağıtma makinesine monte edilmeden önce makinenin granül gübreyi dağıtabilmesi için gerekli güç ve konstrüktif değişiklikler mekanik sistem ile çalışan makine üzerinde yapılan testler sonucu elde edilen sayısal veriler kullanılarak hidrolik sisteme uyarlanması ile gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik sistemin çalışabilmesi için gerekli olan güç belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için mekanik sistemle çalışan gübre dağıtma makinesiyle traktör kuyruk mili arasına mafsallı bir mil bağlanmıştır. Mafsallı milin gübre dağıtma makinesine bağlanan ucuna torkmetre ile test deney seti kurulmuştur. Daha sonra gübre dağıtma makinesi granül gübre ile doldurulmuş ve denemede kullanılan traktör sert beton zemin üzerinde sabit olarak çalışır duruma getirilmiştir. Torkmetre vasıtasıyla ölçülen sayısal veriler bilgisayarda bulunan özel bir program vasıtası ile kayda alınmıştır. Bu veriler *Tablo 1*'de yer almaktadır.

Tablo 1'de yer alan tork değerleri belirlendikten sonra granül gübre dağıtma makinesinin çalışır durumda ortalama olarak ne kadar mekanik güç tükettiği, Eşitlik 2 yardımıyla bulunmuştur (Özmerzi ve ark., 2004; Sabancı ve ark., 2010).

$$Nm = \frac{Md * n}{9550} \quad (\text{Eş. 2})$$

Burada;

Nm : Motor mekanik gücü (kW),

Md : Ölçülen tork değeri (Nm),

n : Mil devir sayısı (540 min⁻¹)'dir.

Bulunan mekanik güç değeri 4.941 kW olmaktadır. Bu değer kullanılarak, hidrolik gücün gübre dağıtma makinesi üzerine aktarılmasında en önemli unsur olan hidrolik motorun seçimi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Torkmetre ile traktör kuyruk milinden 540 min⁻¹'de ölçülen tork değerleri (Nm)
Table 1. Torque values (Nm) measured at 540 min⁻¹ from the tractor PTO shaft with torque meter

Ölçüm	Oluşan değer	Ölçüm	Oluşan değer
1	85.83	8	75.23
2	96.71	9	85.88
3	95.59	10	82.76
4	85.34	11	89.13
5	82.74	12	91.82
6	81.85	13	87.68
7	89.81	14	93.15

Hidrolik olarak hareketlendirilen sistem; mekanik bağlantı kiti, hidrolik motor, akış kontrol valfi, basınç ayar valfi, flanşlı geçme, dişli kovan, elektronik manometre ve hidrolik bağlantı elemanlarından (1:2 jak, hidrolik yağ hortumları vb.) oluşmaktadır. Bu hidrolik ayar ve bağlantı elemanlarının seçimi denemelerde kullanılan traktörün hidrolik kapasitesi ve seçilen hidrolik motorun maksimum hidrolik debide ortaya koyduğu basınç ve güç değerlerine göre belirlenmiştir. Hidrolik motor gücü Eşitlik 3 yardımıyla belirlenmiştir (Anonim, 2018). Bu çalışma için yüksek hidrolik güce sahip bir traktörün gerekliliği bir kez daha ortaya konulmuştur.

$$N_{hd} = \frac{P * Q}{600} \quad (\text{Eş. 3})$$

Burada;

N_{hm} : Hidrolik motor gücü (kW),

P : Pompa basıncı (bar),

Q : Pompa debisi (L min⁻¹)'dir.

Hidrolik motor gücünün belirlenmesinde pompa verimi %90 olarak alınmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde yukarıda sıralanan hidrolik sisteme ait elemanlar, birbiri ile uyumlu bir şekilde çalışır hale getirilerek *Şekil 4*'te 3 boyutlu görseli bulunan hidrolik sistem oluşturulmuştur.

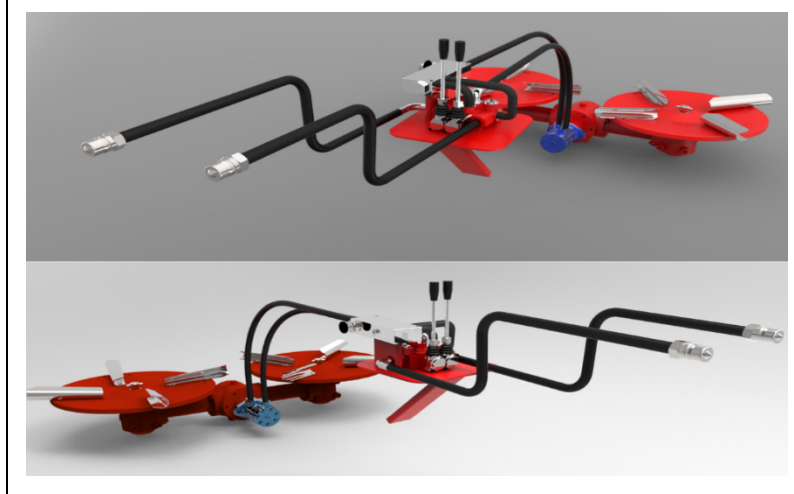


Figure 4. Hydraulic moving system in fertilizer broadcasters

Şekil 4. Santrifüj gübre dağıtma makinesine hidrolik olarak hareket veren sistem

3.2. Mekanik ve hidrolik sistem açısından gübre dağıtma makinesinin performans değerleri

Gübre dağıtma makinesinin her iki sistem (mekanik, hidrolik) için gübre dağılımları ve traktör yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir. İki sistem arasında arazi şartlarında 3 tekerrürlü olacak biçimde, rüzgarsız durağan hava koşullarında tarla denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucu tarla yüzeyine konulan, kutularda biriken gübre miktarları Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Mekanik ve hidrolik sistemde gübre kutularında biriken granül gübre miktarları (g)

Table 2. The amount of granular fertilizer (g) accumulated in the manure boxes in the mechanical and hydraulic system

Mekanik sistem			Gübre kutuları	Hidrolik sistem		
1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme		1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme
0.0080	0.0098	0.0110	Kutu-7	0.6526	0.5674	0.5226
0.4031	0.4232	0.3424	Kutu-8	2.2227	2.2672	2.3685
2.0889	2.1899	2.0418	Kutu-9	5.7511	5.0324	5.0562
5.2939	6.0588	5.1735	Kutu-10	5.5623	5.3651	5.2748
6.1443	6.2693	6.3308	Kutu-11	6.1594	6.0415	6.0562
6.1074	6.2488	6.0426	Kutu-12	7.1189	6.3017	5.9674
7.2214	6.9589	7.2506	Kutu-13	5.5906	5.0762	5.2572
4.3732	4.4694	4.3221	Kutu-14	4.0155	4.0449	4.0424
4.2312	4.3699	4.1575	Kutu-15	4.2820	4.3695	4.2585
7.5671	7.7163	7.4015	Kutu-16	7.1051	7.9218	7.8291
6.5616	6.7966	6.7024	Kutu-17	7.3997	6.8979	7.2630
6.1550	6.2574	6.0564	Kutu-18	5.6412	5.3651	5.2624
6.6960	6.9064	6.5695	Kutu-19	6.5359	6.2660	6.3651
8.1520	8.6195	8.0312	Kutu-20	6.7116	5.9312	5.9189
6.1427	6.1715	6.1582	Kutu-21	5.9217	5.6314	5.9112
3.2005	3.3224	3.1722	Kutu-22	4.9347	4.9232	4.7258
2.3548	2.4558	2.3584	Kutu-23	3.7992	3.0417	3.2610
0.7914	0.8015	0.7234	Kutu-24	2.7787	2.1694	2.4565
0.0892	0.1922	0.1222	Kutu-25	0.6960	0.6309	0.3805
4.399	4.538	4.366	Ortalama	4.888	4.623	4.640
19	19	19	n (örnek sayısı)	19	19	19
2.643	2.703	2.635	S (standart sapma)	2.007	1.983	1.997
0.600	0.595	0.603	CV (varyasyon katsayısı)	0.410	0.428	0.430

Tarla çalışmaları sonucu; mekanik sistemli santrifüj gübre makinesinin gübre dağılım düzgünlüğü Şekil 5’te, hidrolik sistemli santrifüj gübre makinesinin gübre dağılım düzgünlüğü ise Şekil 6’da yer almaktadır.

Dağılım desenleri incelendiğinde, ‘W’ şekilli bir görünüm ortaya çıkmaktadır. Dağılım desenlerinin normal dağılıma benzer olması, gübre dağılım düzgünlüğü bakımından istenilen özelliklerdendir (Grift, 2000). Normal dağılıma benzer olmayan ‘W’ şekilli dağılım desenleri örtme payındaki değişikliklere karşı çok hassas olduklarından gübre dağılım düzgünlüğü bakımından istenmeyen desen tiplerindedir (Glover ve Baird, 1973). Bu tür desenlerde, tarlada çalışma sırasında gidiş ve dönüşlerde iş genişliğindeki küçük sapmalardan dolayı, CV değerleri bir anda çok yüksek değerlere ulaşmakta ve dağılım düzgünlüğü bozulmaktadır. *Tablo 2*'de verilen iki sistemin karşılaştırıldığı CV değerleri ışığında hidrolik sistemde oluşan değerler mekanik sistemde oluşan değerlere göre daha az farklar oluşmaktadır. *Şekil 5* ve *Şekil 6*'da görüldüğü gibi gübre dağılımının düzgünlüğü hidrolik sistemde, mekanik sisteme nazaran normal dağılıma yakın bir görünümde. Bu verilere göre hidrolik sistemin gübre dağılım düzgünlüğü açısından mekanik sisteme göre üstün olduğu görülmektedir. Ancak yapılan Mann-Whitney U testine göre aradaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P > 0.05$).

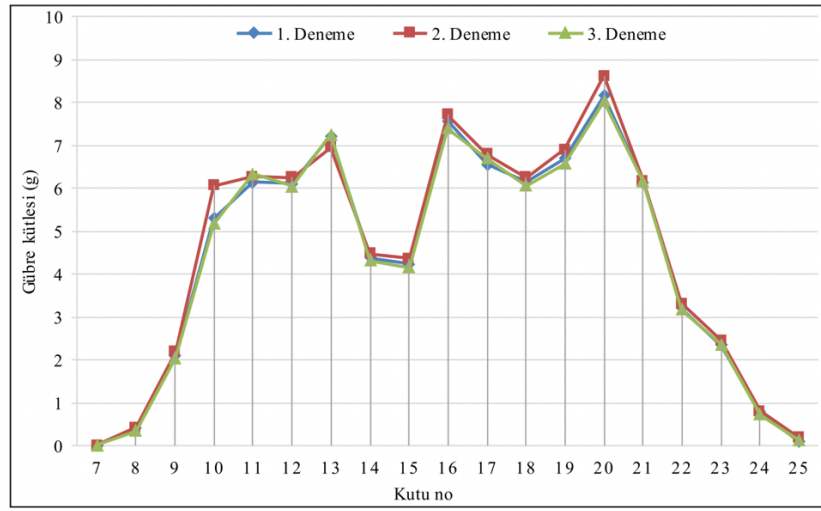


Figure 5. Fertilizer distribution uniformity of the fertilizer broadcaster with mechanical system

Şekil 5. Mekanik sistemli santrifüj gübre makinesinin gübre dağılım düzgünlüğü

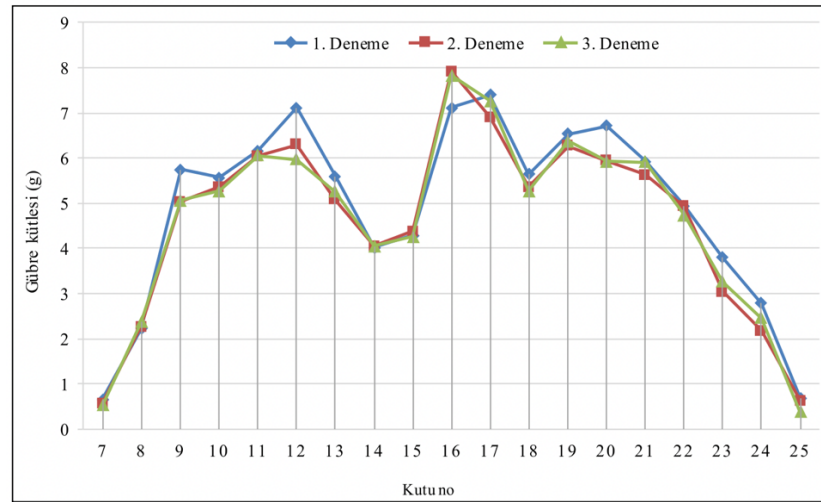


Figure 6. Fertilizer distribution uniformity of the fertilizer broadcaster with hydraulic system

Şekil 6. Hidrolik sistemli santrifüj gübre makinesinin gübre dağılım düzgünlüğü

Tarla şartlarında iki sistemin çalışması sonucu traktörün yakıt tüketimi *Tablo 3*'te görülmektedir. Hidrolik sistemli gübre dağıtma makinesi ile yapılan tarla demelerinde daha düşük bir hızla granül gübre arazi yüzeyine istenilen şekilde dağıtılabilir. Pratik açıdan çok fark olmamasına rağmen hidrolik sistemli santrifüj gübre dağıtma makinesinin yakıt tüketimi 10.44 L h^{-1} mekanik sistemli gübre dağıtma makinesinin yakıt tüketimi ise

10.71 L h⁻¹ olmaktadır (Tablo 3). Yakıt tüketiminin azalması Çetin ve ark. (2020) dikkat çektiği, tarımdaki karbondioksit emisyonlarının neden olduğu çevre kirliliğinde de bir azalma eğilimi göstermesine yardımcı olabilecektir.

Tablo 3. Traktörün yakıt tüketim değerleri

Table 3. Tractor fuel consumption values

Parametreler	Mekanik sistemli gübre dağıtma makinesi ile çalışmada	Hidrolik sistemli gübre dağıtma makinesi ile çalışmada
Alınan yol (m)	200.00	200.00
İş genişliği (m)	12.00	12.00
Çalışma hızı (km h ⁻¹)	8.57	8.40
Yakıt tüketimi (L h ⁻¹)	10.71	10.44

3.3. İki Sistemin Ergonomik Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışma için iki sistem arasında arazi şartlarında 3 tekerrürlü olacak biçimde gürültü ve titreşim düzeyi ölçümleri yapılmıştır.

3.3.1. Gürültü düzeyi değerleri

İki sistemin granül gübre dağıtma makinesi üzerindeki gürültü değerleri Tablo 4'te, traktör kabini içerisindeki gürültü değerleri ise Tablo 5'te verilmiştir.

Mekanik sistemli çalışmada ortalama gürültü düzeyi; makine üzerinde 91.01 (dBA), traktör kabini içerisinde ise 81.93 (dBA) olarak belirlenmiştir. Hidrolik sistemli çalışmada ise ortalama gürültü düzeyi; makine üzerinde 81.15 (dBA), traktör kabini içerisinde ise 71.85 (dBA) olarak belirlenmiştir (Tablo 4 ve 5).

Çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğe göre, en düşük maruziyet eylem değeri 80 dBA, en yüksek maruziyet eylem değeri 85 dBA, maruziyet sınır değeri 87 dBA'dır (Anonim, 2013). Buna göre mekanik sistemli çalışmada makine üzerinde oluşan gürültü değerleri (91.01 dBA), en yüksek maruziyet eylem değerini (85 dBA) ve maruziyet sınır değerini (87 dBA) aşmakta, traktör kabini içerisindeki gürültü değeri (81.93 dBA) ise en düşük maruziyet eylem değerini (80 dBA) aşmaktadır. Hidrolik sistemli çalışmada ise makine üzerinde oluşan gürültü değeri (81.15 dBA) en düşük maruziyet eylem değerini (80 dBA) aşmakta, traktör kabini içerisinde oluşan gürültü (71.85 dBA) ise en düşük maruziyet eylem değerinin (80 dBA) yaklaşık 10 dBA altında kalmaktadır. Yapılan Mann-Whitney U testine göre her iki sistemin hem makine üzerinde hem de traktör kabini içerisinde oluşan gürültü değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P< 0.05).

Tablo 4. İki sistemde makine üzerinde oluşan gürültü değerleri (dBA)

Table 4. Noise values (dBA) on the machine in two systems

Mekanik sistem			Hidrolik sistem		
1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme
90.0	89.0	90.0	80.0	81.0	80.0
92.0	91.0	91.0	81.0	82.0	81.0
91.0	90.0	89.0	83.0	81.0	80.0
90.5	89.5	89.5	80.0	82.0	82.0
93.0	92.0	91.0	82.5	82.0	84.5
92.0	91.0	92.0	80.0	81.0	81.0
91.0	90.0	90.0	80.0	80.0	82.0
92.0	92.0	89.0	79.0	81.0	82.5
91.0	93.0	92.0	84.0	81.0	80.0
93.0	90.0	93.0	80.5	80.0	80.0
90.0	90.0	91.0	81.0	82.0	81.0
92.0	91.0	92.0	80.0	80.0	82.0
92.0	92.0	90.0	82.0	83.0	80.0
Toplam örnek sayısı 13			Toplam örnek sayısı 13		
Ortalama gürültü düzeyleri (dBA)			Ortalama gürültü düzeyleri (dBA)		
91.01			81.15		

Tablo 5. İki sistemde traktör kabini içerisinde oluşan gürültü değerleri (dBA)
 Table 5. Noise values (dBA) in the tractor cabin in two systems

Mekanik sistem			Hidrolik sistem		
1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme	1. Deneme	2. Deneme	3. Deneme
80.0	79.0	81.0	72.0	73.0	72.0
82.0	81.0	79.0	70.5	74.0	71.0
81.0	82.0	78.0	73.0	72.0	74.0
81.5	80.0	79.0	72.0	71.0	72.0
81.0	82.0	83.0	72.0	70.0	72.0
82.0	81.0	82.0	74.0	72.0	71.0
83.0	80.0	82.0	73.0	70.0	73.0
81.0	80.0	81.0	72.0	74.0	72.0
84.0	81.0	83.0	71.5	72.0	71.0
83.0	84.0	82.0	70.0	71.0	70.5
85.0	83.0	84.0	71.0	73.0	71.0
84.0	85.0	84.0	72.0	71.0	70.0
84.5	83.5	84.0	70.0	75.0	72.0
Toplam örnek sayısı 13			Toplam örnek sayısı 13		
Ortalama gürültü düzeyleri (dBA)			Ortalama gürültü düzeyleri (dBA)		
81.93			71.85		

3.3.2. Titreşim düzeyi değerleri

Bu çalışmada iki sistemde (mekanik ve hidrolik) arazide çalışırken makine üzerinde ve sürücü koltuğunda oluşan titreşim değerleri belirlenmiştir. İki sistemin makine üzerindeki titreşim değerleri *Tablo 6*'da, traktör sürücü koltuğundaki titreşim değerleri ise *Tablo 7*'de verilmiştir.

Tablo 6. İki sistemde arazide çalışırken makine üzerinde oluşan titreşim değerleri ($m s^{-2}$)
 Table 6. Vibration values ($m s^{-2}$) on the machine while working in the field in two systems

Mekanik sistem									Hidrolik sistem								
1. Deneme			2. Deneme			3. Deneme			1. Deneme			2. Deneme			3. Deneme		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
25.0	21.0	53.0	24.0	22.0	57.0	18.0	19.0	47.0	20.9	19.9	50.3	20.7	18.0	51.2	21.1	18.9	52.1
29.0	17.0	54.0	28.0	19.0	55.0	31.0	25.0	60.0	21.3	20.0	47.3	21.0	19.1	49.8	18.3	19.1	48.2
31.0	26.0	61.0	27.0	25.0	71.0	27.0	19.0	59.0	18.5	17.3	50.6	18.9	18.0	50.7	20.7	17.9	54.2
18.0	19.0	44.0	22.0	19.0	49.0	29.0	21.0	72.0	22.1	20.1	49.9	22.7	20.1	59.2	19.7	19.1	50.1
31.0	18.0	77.0	32.0	25.0	69.0	25.0	18.0	61.0	21.7	18.3	57.3	18.9	18.0	57.2	21.5	22.7	58.5
25.0	21.0	64.0	27.0	20.0	61.0	22.0	19.0	55.0	19.8	18.1	51.5	19.9	18.5	52.1	20.6	19.7	55.4
28.0	18.0	63.0	29.0	21.0	62.0	26.0	20.0	58.0	20.7	17.2	50.6	22.1	19.1	55.9	23.0	21.5	60.9
Ortalama titreşim düzeyleri ($m s^{-2}$)																	
x			y			z			x			y			z		
26.4			20.6			59.6			20.7			19.1			53.0		

Mekanik sistemli çalışmada ortalama titreşim düzeyleri; makine üzerinde x ekseninde $26.4 m s^{-2}$, y ekseninde $20.6 m s^{-2}$, z ekseninde $59.6 m s^{-2}$; traktör sürücü koltuğunda x ekseninde $1.1 m s^{-2}$, y ekseninde $1.4 m s^{-2}$, z ekseninde $2.7 m s^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Hidrolik sistemli çalışmada ortalama titreşim düzeyleri; makine üzerinde x ekseninde $20.7 m s^{-2}$, y ekseninde $19.1 m s^{-2}$, z ekseninde $53.0 m s^{-2}$; traktör sürücü koltuğunda x ekseninde $0.7 m s^{-2}$, y ekseninde $1.1 m s^{-2}$, z ekseninde $2.3 m s^{-2}$ olarak belirlenmiştir (*Tablo 6 ve 7*).

Tablo 7. İki sistemde arazide çalışırken sürücü koltuğunda oluşan titreşim değerleri ($m s^{-2}$)

Table 7. Vibration values ($m s^{-2}$) occurring in the driver's seat while working in the field in two systems

Mekanik sistem									Hidrolik sistem								
1. Deneme			2. Deneme			3. Deneme			1. Deneme			2. Deneme			3. Deneme		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
0.4	0.3	0.6	0.4	0.4	0.7	3.2	5.3	6.1	0.2	0.3	0.5	0.3	0.6	2.9	0.1	0.2	0.4
0.5	0.4	1.9	0.3	0.5	1.7	0.5	0.6	1.7	0.4	0.3	0.7	1.9	4.1	5.7	0.5	0.4	0.8
0.5	0.4	1.5	1.2	0.9	5.8	0.4	0.5	1.2	0.3	0.2	1.3	0.2	0.3	1.2	0.2	0.3	0.9
0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.6	1.2	1.7	3.7	0.1	0.2	0.4	2.1	3.7	5.5
1.3	1.8	6.7	1.1	1.7	3.5	0.5	0.6	1.5	2.3	4.8	5.2	0.4	0.5	1.7	1.4	1.6	2.9
0.6	0.2	0.7	3.2	5.1	6.7	0.9	0.7	3.5	0.3	0.3	0.6	1.1	1.2	4.5	0.7	0.6	3.9
3.3	5.6	6.3	2.8	1.9	2.5	1.2	1.5	2.8	0.7	0.6	1.9	0.5	0.4	0.9	0.4	0.5	1.7
Ortalama titreşim düzeyleri ($m s^{-2}$)																	
x			y			z			x			y			z		
1.1			1.4			2.7			0.7			1.1			2.3		

Bu değerlere göre mekanik sistemin toplam titreşim ivmesi makine üzerinde $68.36 m s^{-2}$, traktör sürücü koltuğunda ise $3.23 m s^{-2}$ olmaktadır. Hidrolik sistemin toplam titreşim ivmesi ise makine üzerinde $60.02 m s^{-2}$, traktör sürücü koltuğuna $2.64 m s^{-2}$ olmaktadır. Yapılan Mann-Whitney U testine göre istatistiksel olarak her iki sistemin makine üzerindeki titreşim değerleri farkı önemli ($P < 0.05$), sürücü koltuğunda oluşan titreşim değerleri farkı ise önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur.

Titreşime maruz kalan insanlarda omurga deformasyonları, mide rahatsızlıkları, zihinsel yük ve yorgunluk meydana gelmektedir (Sabancı, 1981; Akıncı ve ark., 1996; Babalık 2007; Sabancı ve Sümer 2011).

Ergonomi açısından titreşimin insan bedenine etkisi iki şekilde olmaktadır. Bunlar; ayak veya genellikle taşıtlarda oturma düzlemi ve ellerdir. Birinci halde tüm vücut titreşimi, ikinci halde el-kol titreşimi söz konusudur (Babalık, 2007).

Titreşimin sadece K değeri değil titreşimin etkidiği zaman da önemlidir. Birkaç dakika etkidiğinde hiçbir zararı olmayan bir titreşim daha uzun etkidiğinde sırası ile önce rahatı bozmakta, ardından performansı olumsuz etkilemekte ve en sonunda sağlığa da zararlı olmaktadır. Örneğin K değeri 12.5 olan titreşimde 8 dakikalık çalışmada hiçbir olumsuz etki olmazken, 30 dakikalık çalışmada huzursuzluk oluşmakta, 4 saatlik çalışmada performans düşmekte 8 saatlik çalışmada ise sağlığa zararlı olabilmektedir. Buna göre 10 dakikalık çalışmada üç yönden gelen titreşimlerde yaklaşık $K=65$ iken ulaşılmaktadır (Babalık, 2007). Bu çalışmada ele alınan hidrolik sistemli makineyle çalışmada, sürücü koltuğunda oluşan titreşim değeri ($K=2.64 m s^{-2}$) sürücünün sağlığını olumsuz etkilemezken, mekanik sistemli makineyle çalışmada traktör sürücü koltuğunda oluşan titreşim değeri ($K=3.23 m s^{-2}$) sadece 5 saatlik çalışmaya kadar rahatlık sağlamakta, bu süreden sonra rahatsızlık oluşturmaktadır.

4. Sonuç

Ülkemizde kullanılan santrifüj gübre dağıtma makineleri granül haldeki gübreyi tarlaya dağıtmak için hareketi traktör kuyruk milinden mafsallı mil vasıtasıyla gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmada, güç kaynağı olarak kuyruk miline alternatif olabilecek bir hidrolik sistem uygulaması oluşturulmuştur. Bu hidrolik motor uygulaması günümüz teknik şartlarına uygun ve ergonomik açıdan da daha avantajlı olabilmektedir. Hidrolik motor traktörden aldığı hidrolik güç ile santrifüjlü gübre dağıtma makinesini çalıştırmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Santrifüjlü gübre dağıtma makinesini mafsallı mil vasıtası ile çalıştırmak için gerekli güç torkmetre vasıtasıyla deney seti kurularak belirlenmiştir.
- Elde edilen veriler analiz edilerek gerekli güç tespit edilmiştir. Bu verilere dayanarak sistemin çalışması için gerekli olan hidrolik motor belirlenmiştir.

- Hidrolik motorun seçimi gerçekleştirildikten sonra, traktör hidrolik sisteminden hidrolik motor vasıtasıyla santrifüjlü gübre dağıtma makinesine aktarabilmek için bir mekanik bağlantı kitinin imalatı gerçekleştirilmiştir.
- Hidrolik sistemin çalışması için gerekli olan hidrolik motor belirlendikten sonra, bu hidrolik motorla uyumlu bir biçimde çalışabilecek hidrolik bağlantı elemanları (hidrolik hortumlular, traktöre bağlantı için jaklar, hidrolik akışkanın basınç kontrolü için valfler vb.) belirlenmiştir.
- Sistemin oluşturulması için gerekli makine parçalarının belirlenmesi, seçimi, imalatı ve montaj işlemleri gerçekleştirildikten sonra iki sistemin karşılaştırılması için tarlada testler gerçekleştirilmiştir.
- Testlerde gübre dağılımı, yakıt tüketimi, gürültü ve titreşim değerleri ölçülmüştür.
- Her iki sistemde gübre dağılımında önemli bir fark görülmemiş, hidrolik sistemle çalışmada daha düşük yakıt tüketimi elde edilmiştir.
- Hidrolik sistemle çalışmada mekanik sisteme göre daha düşük gürültü ve titreşim değerlerinin oluştuğu belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda oluşan çıktılar ışığında düşünülen öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bu çalışma için geliştirilen mekanik bağlantı kiti, teknik ve maliyet yarar analizi yapıldıktan sonra ülkemizde hali hazırda bulunan santrifüj gübre dağıtma makinelerinin dönüşümü için de kullanılabilir.
- Bu çalışmada kullanılan tarım traktörü açık devre hidrolik sisteme sahiptir. Bu tip traktörlerin hidrolik sistemi traktörün motor devri belirli bir seviyeye gelene kadar gerekli hidrolik debiyi sağlamamaktadır. Hidrolik tahrik sistemine sahip santrifüj gübre dağıtma makinesinin traktörün motor çalışma devrinden bağımsız, kapalı hidrolik sistem mantığına göre çalışan ve hidrolik gücü yük durumuna göre arttırıp azaltan bir tarım traktörü ile çalıştırılması makinenin hem verimini hem de etkinliğini arttırabilecektir.
- Bilindiği üzere mekanik sistemle çalışan gübre dağıtma makinelerinde traktör kuyruk milinden gelen dönü gücü mafsallı bir mil vasıtası ile makine üzerine aktarılmaktadır. Bu mafsallı mil, mile dolanma riski ortaya çıkarmaktadır. Hidrolik sistemle çalışan santrifüj gübre dağıtma makinesinde bu tip bir durum olmadığından ergonomik açıdan rahatlıkla mekanik sistemle çalışan sisteme bir alternatif olarak önerilebilir.
- Traktör kuyruk milinden hareket alan diğer makinelerin de hidrolik motor uygulamaları ile çalıştırılmaları konusunda çalışmalar yapılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2015/1-13YLS).

Kaynakça

- Akinci, İ., Sabancı, A., Korucu, T., Ülker, K. (1996). Bazı Tarımsal İşlerde Traktör Titreşim Özellikleri. 6. *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*. (UTMEK'96). 2-6 Eylül, S.323-334. Ankara, Türkiye.
- Anonim (2013). Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. 28.07.2013 ve 28721 Sayılı Resmi Gazete. Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Anonim (2015). Titreşim Ölçüm Cihazları PCE-VM 3D, https://www.pce-instruments.com/turkish/oel_uem-teknolojisi/oel_uem_cihazlarae/titre_im-oel_uem-cihazae_-pce-instruments-titre_im-oel_uem-cihazlarae_-pce-vm-3d-det_2212841.htm, (Erişim tarihi: 12.12.2015).
- Anonim (2016). Tractor PTO Shaft Monitoring System, <https://datum-electronics.co.uk/product/tractor-pt shaft-power-monitoring-system/>, (Erişim tarihi: 23.05.2016).
- Anonim (2017a). Инновации AXIS-H Гидравлический привод, <https://rauch.de/russisch/-4/axis-h/hydraulischer-antrieb.html>, (Erişim tarihi: 15.05.2019).
- Anonim (2017b). Druckmanometer PCE-SCJN Serie 400, <https://www.warensortiment.de/datenblatt/datenblatt-druckmanometer-pce-scjn-serie.pdf>, (Erişim tarihi: 23.12.2017).
- Anonim (2017c). Handheld Tachometer PCE-151, <https://www.industrial-needs.com/manual/manual-pce-151.pdf>, (Erişim tarihi: 23.12.2017).
- Anonim (2018). hpa teknoloji, www.hpa.com.tr/tr/pdf/hidrolik/formuller.pdf, (Erişim tarihi: 23.12.2018).
- Anonim (2019a). Ziraat Mühendisleri Odası (ZMO), http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30873&tipi=5&sube=0, (Erişim tarihi: 25.05.2019).
- Anonim (2019b). Hand-held Analyzer Type 2250-S – Brüel & Kjær Sound & Vibration, <https://www.bksv.com/en/2250>, (Erişim tarihi: 09.03.2019).
- Anonim (2019c). Analytical Balance HR-250AZ, <http://www.labequip.com/kz-content/images/xlarge/AND-HR250AZ-4decimal-Balance-43181.jpg>, (Erişim tarihi: 10.04.2019).
- Anonim (2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK). Tarımsal İstatistik Verileri, <http://www.tuik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 15.02.2021).
- ASAE Standards, 45th Ed. (1998). S341.2. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Babalık, F.C. (2007). Mühendisler İçin Ergonomi İşbilim. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No: 831, Ankara.
- Civelek, Ç., Gülsoylu, E. (2010). Bazı Tek Akslı Traktörlerle Çalışmada Tutamlara Gelen Titreşimlerin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 47(3):257-263.
- Çetin, M., Saygın, S., Demir, H. (2020). Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17 (3): 329-345.
- Demirgil, H. (2005). Non-Parametrik Testler, Editör: Şeref KALAYCI, SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Glover, J. W., Baird, J. V. (1973). Performance of spinner type fertilizer spreaders. *Transactions of the ASAE* 16(1): 48-51.
- Grift, T. E. (2000). Spread pattern analysis tool (spat): I. Development and theoretical examples. *Transactions of the ASAE* 43(6): 1341-1350.
- Özmerzi, A., Yıldız, O., Kürklü, A., Ertekin, C., Külcü, R. (2004). Tarım Makinaları İçin Mühendislik El Kitabı. Literatür Yayınları: 124, İstanbul.
- Sabancı, A. (1981). Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. TZDK Mesleki Yayınları, No: 1, Ankara.
- Sabancı, A., Başçetinçelik, A., Özgüven, F., Öztürk, H. H., Say, S. M. (2010). Tarım Makinaları 1. Nobel Kit. Yayın Dağ.ve Paz. Ltd. Şti. Adana.
- Sabancı, A., Sümer, S. K. (2011). Ergonomi. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Yayın nu: 80, Ankara.
- Safer (2008). Kırsal Alanda Çalışanlar İçin Daha Güvenli Tarım. Eğitim Modülleri. Santrifüj Gübre Dağıtma makineleri, S435-475.
- Temel, U., Öztekin, Y.B. (2020). Tokat İlinde Kullanılan Bitki Koruma Makinelerinin Ürün Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(3): 276-284.
- TS EN ISO 5349-1 (2005). Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar. Türk Standartları Enstitüsü.

Creating a Solar Radiation Measuring System (SRMS) Operated by a Programmable Logic Controller (PLC)

Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) Tarafından İşletilen Bir Solar Radyasyon Ölçme Sisteminin Oluşturulması (SRMS)

Selçuk USTA^{1*}, Cafer GENÇOĞLAN², Serpil GENÇOĞLAN³

Abstract

In this study, it is aimed to create a PLC controlled SRMS to be used in rural areas. Firstly a SRMS hardware was prepared consisting of power supply, PLC, analogue module and pyranometer units. Then, a SRMS software was written using CODESYS programming language to measure and record data and to control the hardware by PLC. SRMS software firstly collected the solar radiation in cumulatively by measuring every 30 minutes during the one-day period, and determined the daily total solar radiation. Then it calculated the daily average solar radiation by dividing the daily total solar radiation by the number of measurements. It recorded the daily total and average solar radiation amounts on the SD card. SRMS was tested in Kahramanmaraş Sütçü İmam University (KSU) during the July-November period of the 2019. The daily average solar radiation data recorded at KSU were compared with the data measured in the same period at the Eastern Mediterranean Transition Area Agricultural Research Institute (DAGTEM), located 10 km away. The daily average solar radiation data measured in KSU and DAGTEM varied between 3.63-33.48 MJ m⁻² day⁻¹ and 3.00-33.00 MJ m⁻² day⁻¹, respectively. Five-month averages of daily solar radiation data measured at both regions were determined 20.20 MJ m⁻² day⁻¹ and 19.64 MJ m⁻² day⁻¹, respectively. The difference between the mean of KSU and DAGTEM data groups was not found to be statistically significant (p> 0.05). This result revealed that the daily average solar radiation values measured in both regions can be used interchangeably. As an expression of the deviation between data groups measured in both regions, the MAPE and RMSE were determined as 14.57% and 2.68 MJ m⁻² day⁻¹. The compatibility level of the data groups was obtained as “good” (MAPE= 10-20%). It was concluded that SRMS could measure the daily average solar radiation with high accuracy and could be used in sensitive measurements.

Keywords: Automation, Climate station, Codesys, Evapotranspiration, PLC, Pyranometer, Solar radiation

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Selçuk USTA, Van Yüzüncü Yıl University, Van Vocational School, Department of Construction, 65090 Van, Turkey.

E-mail: susta@yyu.edu.tr  ORCID: 0000-0001-8970-7333

²Cafer GENÇOĞLAN, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 46040 Kahramanmaraş, Turkey.

E-mail: gencoglan@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-4559-4354

³Serpil GENÇOĞLAN, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 46040 Kahramanmaraş, Turkey.

E-mail: sgencoglan@ksu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-7390-8365

Atıf/Citation: Usta, S., Gençoğlan, C., Gençoğlan, S. Creating a Solar Radiation Measuring System (SRMS) Operated by a Programmable Logic Controller (PLC). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18 (4), 675-688.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2021

Öz

Bu çalışmada, kırsal alanlarda kullanılabilir PLC kontrollü bir SRMS oluşturulması amaçlanmıştır. İlk olarak güç kaynağı, PLC, analog modül ve piranometre birimlerinden oluşan bir SRMS donanımı hazırlanmıştır. Daha sonra verileri ölçmek, kaydetmek ve donanımı PLC ile kontrol etmek amacıyla CODESYS programlama dili kullanılarak bir SRMS yazılımı yazılmıştır. SRMS yazılımı, ilk olarak bir günlük süre boyunca her 30 dakikada bir ölçüm yaparak solar radyasyonu kümülatif olarak toplamış ve günlük toplam solar radyasyonu belirlemiştir. Daha sonra günlük toplam solar radyasyonu ölçüm sayısına bölerek, günlük ortalama solar radyasyonu hesaplamıştır. Günlük toplam ve ortalama solar radyasyon miktarlarını SD karta kaydetmiştir. SRMS, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'nde (KSÜ) 2019 yılı Temmuz-Kasım dönemi boyunca test edilmiştir. KSÜ'de kaydedilen günlük ortalama solar radyasyon verileri 10 km uzaklıkta bulunan Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünde (DAGTEM) aynı dönemde ölçülen günlük veriler ile karşılaştırılmıştır. KSÜ ve DAGTEM'de ölçülen günlük ortalama solar radyasyon verileri sırasıyla $3.63-33.48 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ve $3,00-33,00 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ arasında değişmiştir. Her iki bölgede ölçülen günlük ortalama solar radyasyon verilerinin beş aylık ortalamaları sırasıyla $20.20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ve $19.64 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KSÜ ve DAGTEM veri gruplarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bu sonuç her iki bölgede ölçülen günlük ortalama solar radyasyon değerlerinin birbirlerinin yerine kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Her iki bölgede ölçülen veri grupları arasındaki sapmanın bir ifadesi olarak MAPE ve RMSE sırasıyla %14.57 ve $2.68 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Veri gruplarının uyumluluk düzeyi "iyi" olarak elde edilmiştir (MAPE=% 10-20). SRMS'nin günlük ortalama solar radyasyonu yüksek doğrulukla ölçebileceği ve hassas ölçümlerde kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomasyon, İklim istasyonu, Codesys, Evapotranspirasyon, PLC, Piranometre, Solar radyasyon

1. Introduction

The total amount of radiation reaching the earth by direct or indirect ways from the sun by propagation and effects of the horizontal plane is defined as global solar radiation or solar radiation. Solar radiation, expressed as the sum of direct radiation reaching the earth through the atmosphere without interruption and the diffuse radiation that reaches the earth by indirect ways due to the factors such as clouds, particles in the atmosphere and the topography, constitutes the basic data of many engineering and architectural applications (Kökey, 2013). However, due to the decrease of fossil fuel reserves in the world, and as these fuels cause to damage the environment, accordingly, solar radiation becomes more important as a renewable clean energy source.

The main data in determining the amount of irrigation water to be applied to crops is evapotranspiration, which is called crop water consumption. Evapotranspiration, an important component of both the meteorological and hydrological cycle, is a highly effective parameter in hydrological and ecological fields and uses three-fifths of solar radiation (Wang and Dickinson, 2012; Wild et al., 2013; Bora et al., 2015). Solar radiation plays an important role in determining the amount of evapotranspiration. It is the most important parameter that controls the net short wavelength radiation coming from the sun, the net long wavelength radiation going from the earth, the amount of net radiation affecting on the plant surface and the heat flux change in the soil (Rosenberg et al., 1983). It is stated that some parameters that are effective on crop development, such as photosynthesis, water requirement, nutrient intake and transpiration rate, are closely related to solar radiation (Adams, 1992). In addition, Deveci et al. (2019) reported that along with moisture conditions in the soil, solar radiation, temperature and precipitation changes are the most important parameters affecting crop yield. It is stated that there is a strong relationship between the amount of solar radiation held by the crop canopy and transpiration, and therefore the amount of solar radiation held by the canopy can be used as a trigger in activating automatic irrigation systems (Casedesus et al., 2011). Solar radiation can be used as a parameter in the preparation of irrigation programs (Jovicich and Cantliffe, 2007). Solar radiation is of great importance in agricultural production structures, especially in greenhouses. In order to be able to be grown crops in greenhouse, soil temperature, carbon dioxide concentration and relative humidity should be provided in sufficient quantities besides nutrients and water, environmental factors such as radiation energy, air temperature in the greenhouse (Yağcıoğlu et al., 2004). The amount of solar radiation incoming into the greenhouses varies depending on the location, dimensions, direction of the greenhouse, and especially the covering material. The most important factor in the selection of greenhouse cover materials is the amount of solar radiation directly affecting crop development (Giacomelli and Ting, 1999). In addition, Koluman et al. (2013) reported that animals are easily stressed in barns where solar radiation is directly effective, so some structural precautions should be taken.

Solar radiation is measured by a device called pyranometer, and the accuracy and precision of this measurement are the most critical parameters in efficiency calculations (Ergün et al., 2019). Many studies were carried out to develop devices that can be used to measure solar radiation. Martínez et al. (2009) developed a photodiode-based pyranometer and compared it with a standard pyranometer. In this study, MAPE was obtained as 1.54% as an expression of the deviation between the solar radiation values measured by both pyranometers. Badran et al. (2010), Avallone et al. (2018) and Tohsing et al. (2019) designed pyranometers controlled by a microcontroller. It was stated that these pyranometers were cheaper than standard pyranometers and could be used in sensitive measurements. Kimothi et al. (2004) stated that solar radiation can be measured with calibrated pyranometer, but considering the shortcomings such as the area where the pyranometer is established was not enough to represent a region, the data measured with the pyranometer should be compared with the data measured by the meteorological stations at most 50 km away, and the accuracy levels should be evaluated.

The agriculture sector with a rate of 70% is the sector with the highest water consumption. It is estimated that this sector will have the highest rate in the next decades (Aksoy et al., 2014). In order to increase water savings by ensuring the sustainable use of water resources in the agricultural sector, it is necessary to determine when and how much water should be given to the crop by preparing sensitive irrigation programs. In the preparation of sensitive irrigation programs, daily evapotranspiration quantities calculated with the daily meteorological data measured in the local conditions are needed (Jensen et al., 1990). In this study, it is aimed to develop a PLC controlled solar radiation measurement system (SRMS) that can be used to measure the daily amounts of solar radiation needed in daily evapotranspiration calculations in the local conditions.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

This study was carried out in the research field on Campus of KSU, in Kahramanmaraş, Turkey. The altitude of the research field is 508 m. It is geographically located between 37° 35' 36" North latitude and 36° 49' 20" East longitude. Firstly, SRMS's hardware was created, which was operated by the PLC-based automation system. Later, code of software was written in the CODESYS language and loaded into PLC, and then tested with the SRMS hardware during the July-November period of the 2019. The solar radiation data measured by SRMS was compared with the data measured in DAGTEM. The location of the research field and the DAGTEM are shown in *Figure 1*.

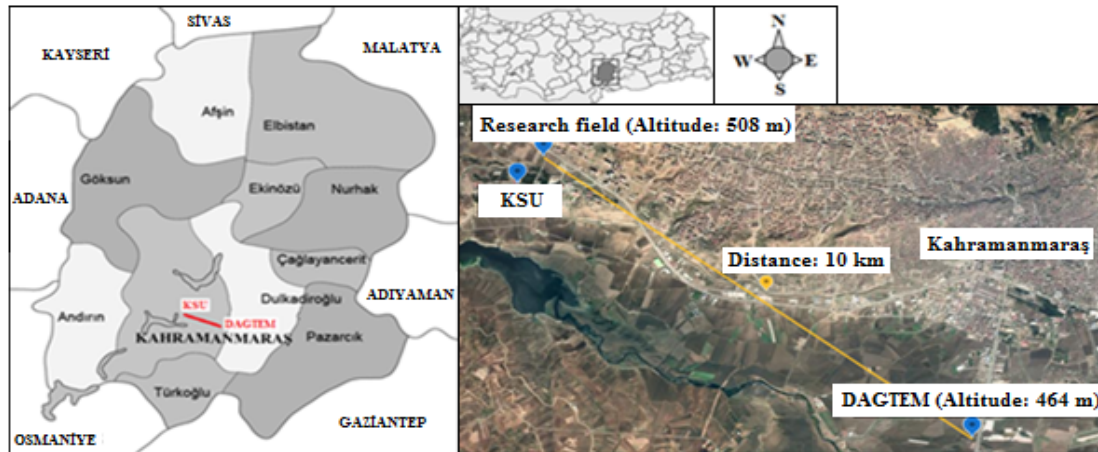


Figure 1. Google Earth Map of SRMS research field and DAGTEM

2.2. Creation of SRMS hardware

SRMS hardware (panel) consists of power supply, PLC, analogue module and a solar radiation sensor. PM 590 ETH PLC was used as central processing unit (CPU) in the SRMS (Anonim, 2018a). An analog output pyranometer was used as a solar radiation sensor (Anonim, 2018b). The pyranometer was mounted on the climate station established in the research field (*Figure 2*). The climate station consisted of wind speed (1), pyranometer (2), temperature and humidity (3), wind direction (4), precipitation (5) sensors and platform (6).

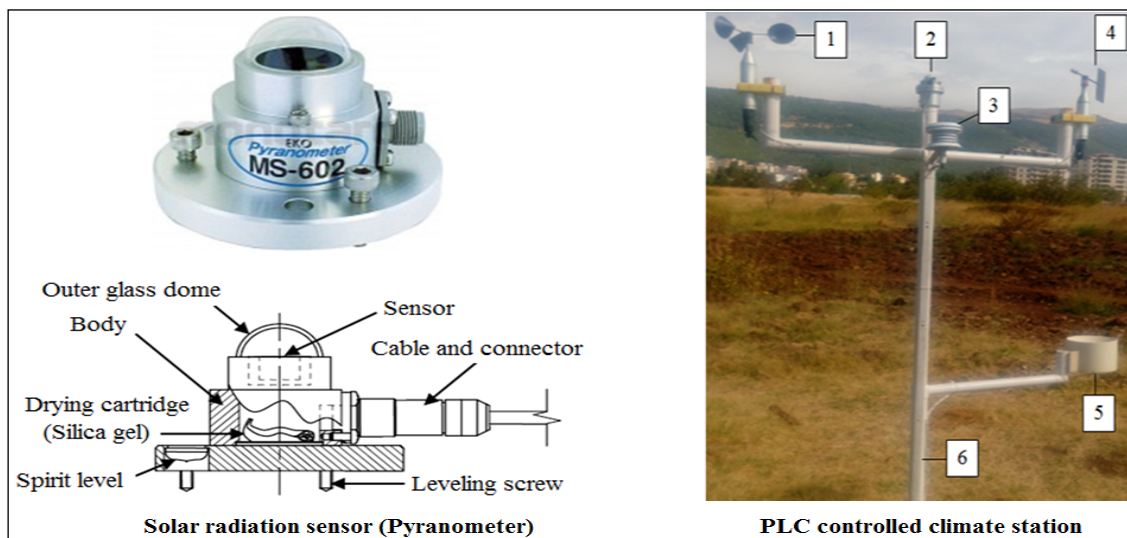


Figure 2. Pyranometer and climate station

AX 522 analog module was added to the PLC in order to provide communication between the pyranometer and

the PLC (Anonim, 2018a). A panel project was prepared for the SRMS and, a panel was created in accordance with this project. Within the scope of this project, panel energy input was shown in Figure 3, and the connection of PLC (CPU.1) and pyranometer (AI-0) to the analogue module (IOM.1) was shown in Figure 4.

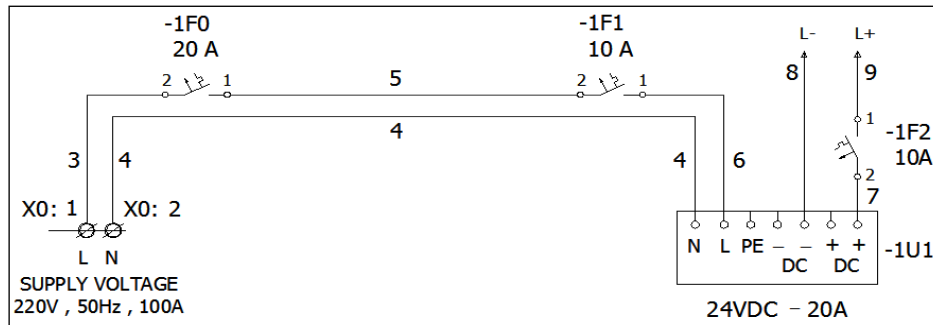


Figure 3. The connection of panel energy input and power supply

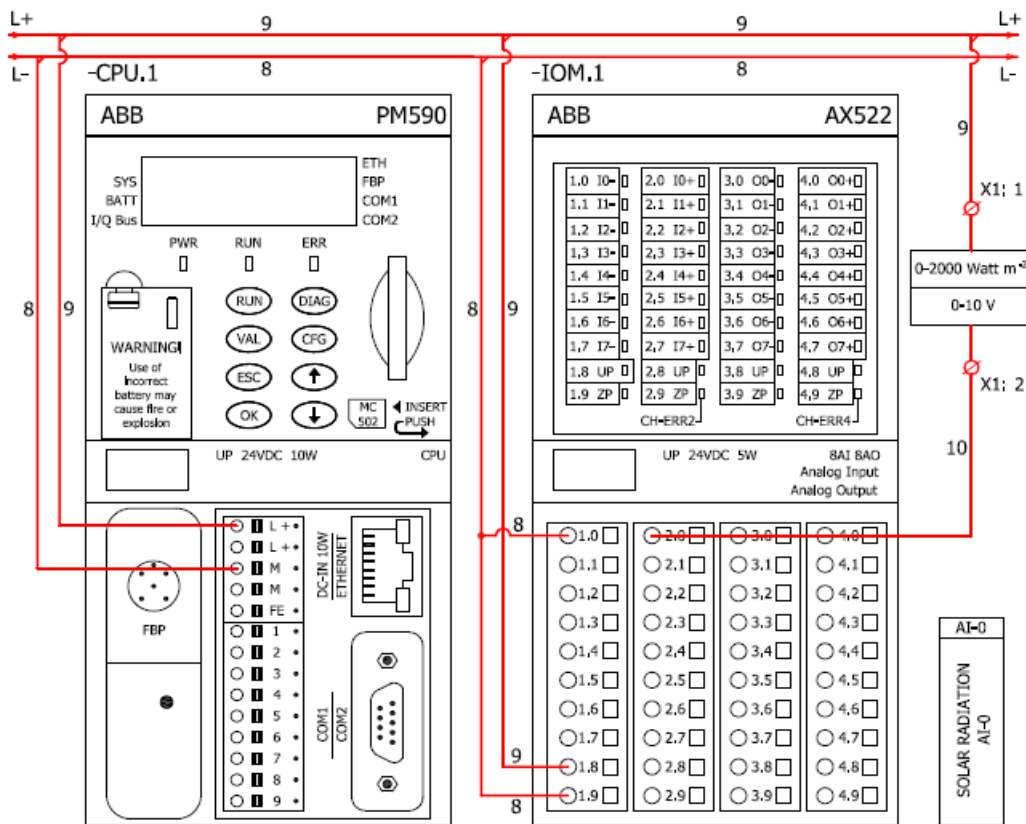


Figure 4. The connection of PLC and the pyranometer to the analogue module

2.3. PLC - hardware configuration

In order to ensure compatibility between SRMS hardware and software, the PLC - hardware was configured using the Automation Panel Builder program (Anonim, 2018c). The configuration process started with the selection of the PLC. PM 590 ETH was chosen as the PLC (Figure 5). Then, the AX 522 analogue module was added to the PLC (Figure 6). Within the software, the pyr variable was assigned to the pyranometer and added to the analogue module. Communication between pyranometer and PLC was provided through the IW0 channel of analogue module (Figure 7).

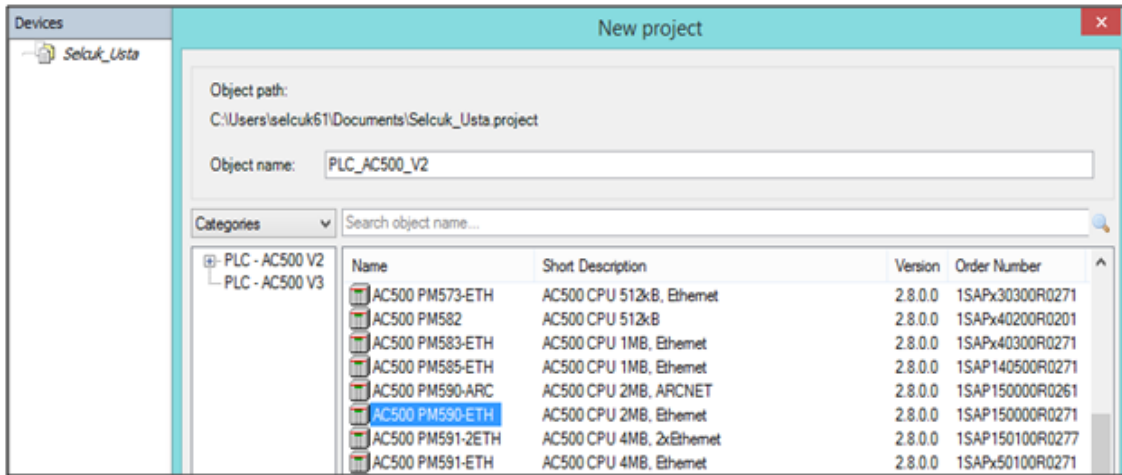


Figure 5. Selecting the PM 590 ETH PLC

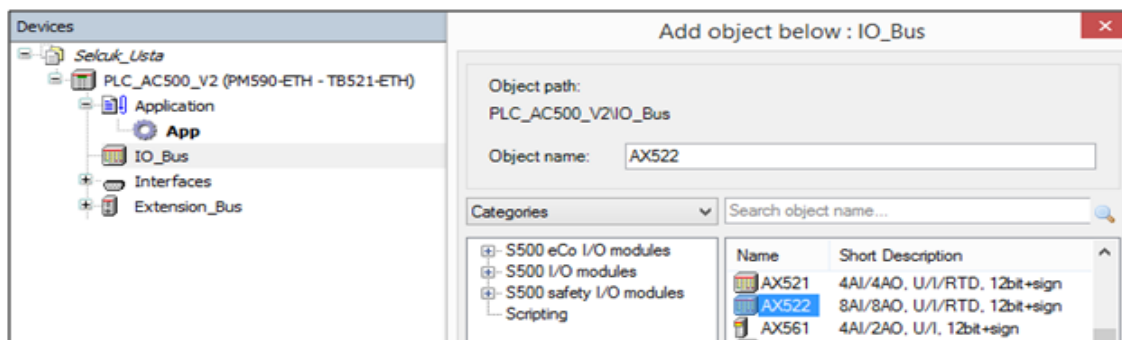


Figure 6. Selecting the AX 522 analogue module

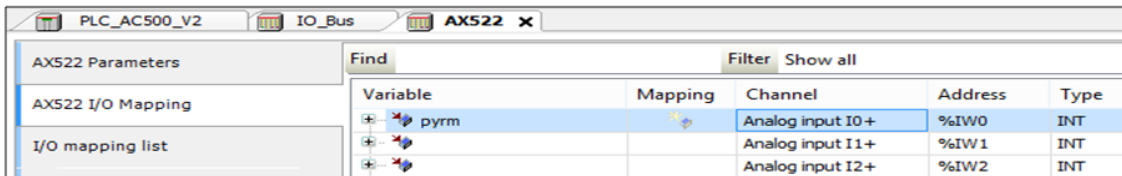


Figure 7. Connecting pyranometer to the analogue module and selecting channel configuration

2.4. Creation of SRMS software

SRMS software was written in the CODESYS programming language and loaded into the PLC. PLC controlled SRMS collected the solar radiation (solar_rad) in cumulatively by measuring every 30 minutes during the one-day period between 08.59.30 on the previous day and 08.59.30 on the following day. The analog output pyranometer produced signals ranging from 0-10 V for solar_rad values. The PLC produced digital values (pyrm) ranging from 1-27648 as a response to these signals. In order to convert the pyrm values to solar_rad values, a calibration was done using the calibration certified digital pyranometer. The solar_rad values measured by the digital pyranometer and the pyrm values produced by the PLC were recorded at the same time in 30 minutes intervals. The calibration equation given in Equation (1) was obtained by performing first order linear regression analysis between these values. The daily total and average solar radiation amounts were determined using Equation (2) and Equation (3), respectively.

$$\text{solar_rad} := a * (\text{pyrm}) + b \tag{Eq. 1}$$

$$\text{Total_Rs} := \text{Total_Rs} + \text{solar_rad} \tag{Eq. 2}$$

$$\text{Average_Rs} = [0.0864 (\text{Total_Rs})] * 48^{-1} \tag{Eq. 3}$$

Where; solar_rad: solar radiation measured every 30 minutes (Watt m^{-2}), a and b: calibration coefficients, pprm: digital value produced by PLC, Total_Rs: daily total solar radiation (Watt m^{-2}), Average_Rs: daily average solar radiation ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$).

2.5. Comparison of solar radiation data measured by SRMS and DAGTEM

MAE, MAPE and RMSE were taken into account as an expression of deviation amounts between SRMS and DAGTEM data. These values were calculated using Equation (4-6). Lewis's (1982) interpretation of MAPE results is a means to judge the level of compatibility between SRMS and DAGTEM data — less than 10% is an “excellent” compatibility, 10% to 20% is a “good” compatibility, 20% to 50% is a “reasonable” compatibility, and 50% or more is an “inaccurate” compatibility. In order to determine whether the difference between the averages of the SRMS and DAGTEM data groups is statistically significant or not, an unpaired T test was performed using the Microsoft Excel program.

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|Y_i - \hat{Y}_i|) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} 100 \right) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (\text{Eq. 6})$$

Where; MAE: mean absolute error ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$), MAPE: mean absolute percentage error (%), RMSE: root mean square error ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$), Y_i and \hat{Y}_i : the data measured by SRMS and DAGTEM, respectively ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$), n: number of observations.

3. Results and Discussion

SRMS software consisted of the PLC_PRG [PRG] main program, solar_radiation_measurement [PRG], solar_radiation_record [PRG], sd_card_data_write [PRG] subprograms and write_sd_card [FB] function block. These programs were run together via the CODESYS interface given in Figure 8.

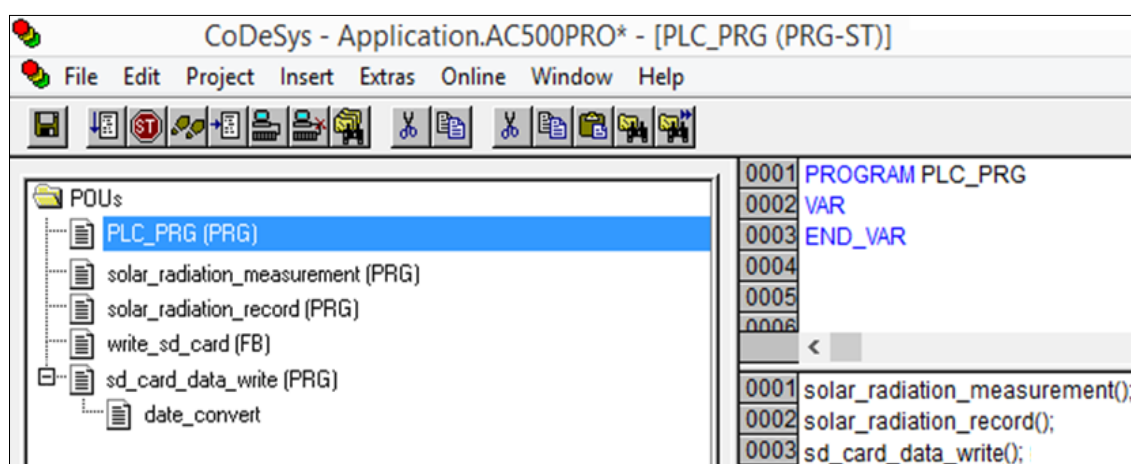


Figure 8. SRMS programs and CODESYS interface

An action named date_convert was defined under the program sd_card_data_write [PRG]. Some variables were defined in WORD, BYTE and REAL variable types in solar_radiation_measurement [PRG] and solar_radiation_record [PRG], which form the basis of the SRMS software, and were converted to STRING variables in this action. Within the scope of the preparation of the SRMS software, local (VAR) and global variables used primarily in the programs were defined (Figure 9). Later, the codings of the programs were written using the programming language CODESYS. A struct named Radiation_data was defined in order to facilitate the follow-up of daily measurement processes. In this structure, the day was assigned to the day variable, and Rs_Total

to the daily total solar radiation (Total_Rs), and Rs_Average to the daily average solar radiation (Average_Rs) (Figure 9).

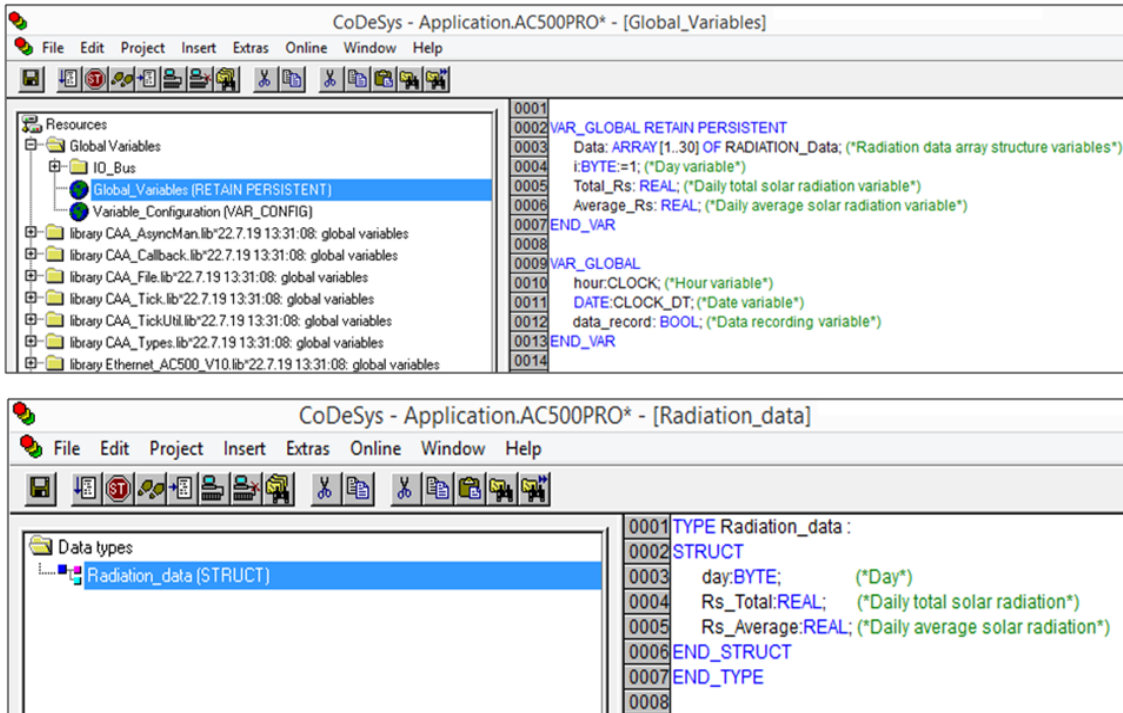


Figure 9. Global variables and Radiation_data [STRUCT] variables

The results of the calibration process were given in Figure 10. The relationship between solar_rad and pyrm variables was revealed by the equation “solar_rad= 0.268 * (pyrm) +84.04”. The ratio in which the change in solar_rad values could be explained by pyrm values was determined as 99.25% (R²= 0.9925).

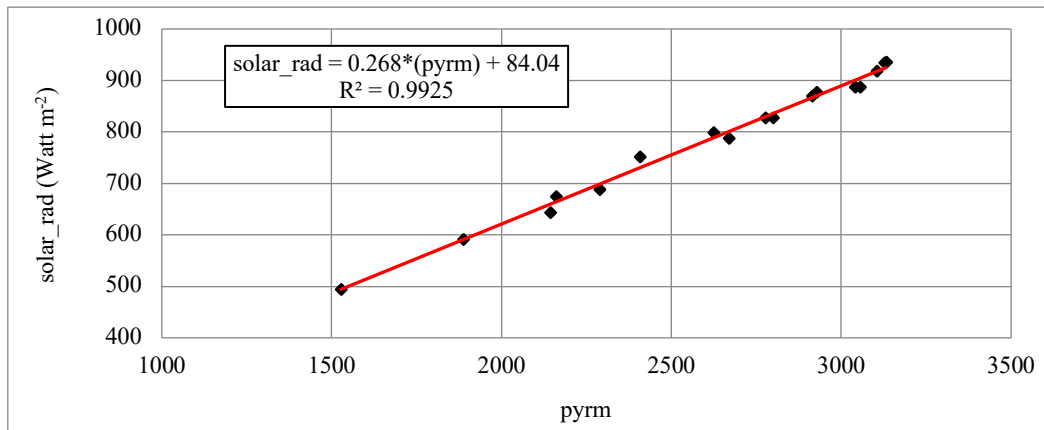


Figure 10. Relationship between solar_rad and pyrm values

Daily solar radiation measurement operations were carried out by solar_radiation_measurement [PRG]. The flow chart of this program was given in Figure 11. Firstly, local variables (VAR) were defined and then, daily measurement operations were carried out using these local variables. pyrm values produced by PLC were converted to solar_rad values using the calibration equation every 30 minutes, and solar_rad values were collected cumulatively. These operations were performed sensitively by trigger variable named trg1. Total_Rs and Average_Rs values were calculated sensitively by trigger variable named trg 2 at 08.59.30 at the end of day.

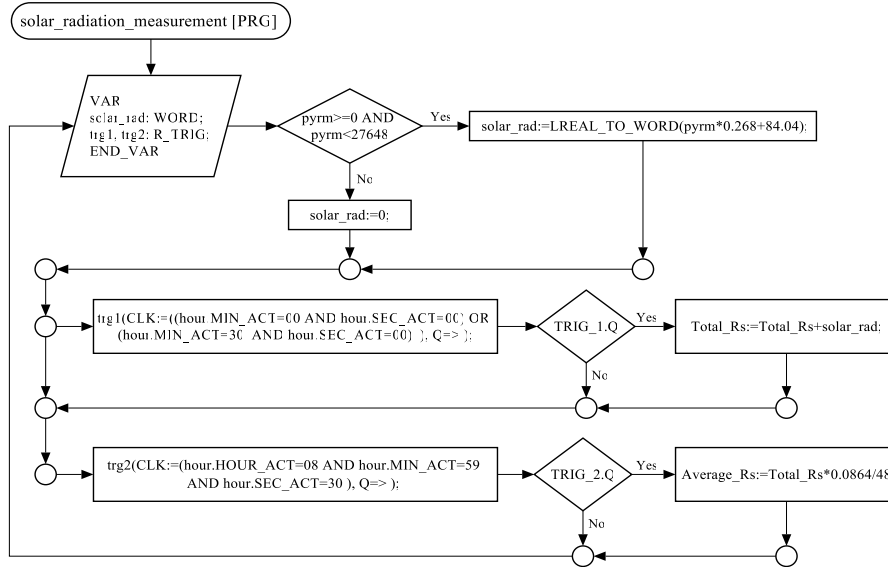


Figure 11. solar_radiation_measurement [PRG] flow chart

The daily Total_Rs and Average_Rs values were recorded in the array structure variables by solar_radiation_record [PRG] at the end of day. The flow chart of this program was given in Figure 12.

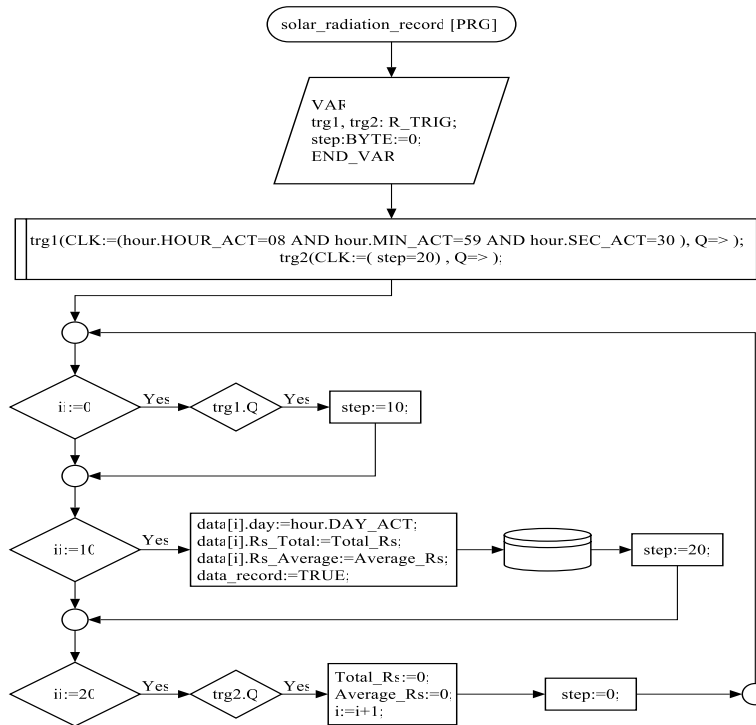


Figure 12. solar_radiation_record [PRG] flow chart

The process of recording daily solar radiation data was started with the step “0”. When the trg1 trigger is active every day at 08.59.30, the step variable was directed to step “10”. In this step, firstly hour of the day (hour.DAY_ACT) was assigned to the “data[i].day” array structure variable on which the measurement operations are performed. Then, the daily Total_Rs and Average_Rs values were assigned to the “data[i].Rs_Total” and “data[i].Rs_Average” array structure variables. Finally, the data recording process was activated, and the step variable was directed to step “20”. In this step, when the trg2 trigger is active, Total_Rs and Average_Rs values were reset, day variable (i) was increased by one and, the step variable was directed to step “0” to perform the next day’s measurements.

Daily Total_Rs and Average_Rs values assigned to the array structure variables every day at 08.59.30 were taken by the sd_card_data_write [PRG] at the same hour, and written on the SD card. The flow chart of this program was given in Figure 13. A rising edge function named R_TRIG_record was defined within the program. When the rising edge function is active every day at 08.59.30, the step variable was directed to step "10". In this step, act_day, act_month and act_year variables were combined with a semicolon (;), and the step variable was directed to step "20". In this step, Rs_Total and Rs_Average values were added to the variables that combined in step "10". After this process, the step variable was directed to step "30". In this step, the data was written to file of the solar_radiation_data.csv on the SD card via the write_sd_card [FB]. A part of this data file for July is given in Figure 14. Date, Rs_Total and Rs_Average values were written in columns A, B and C in this data file.

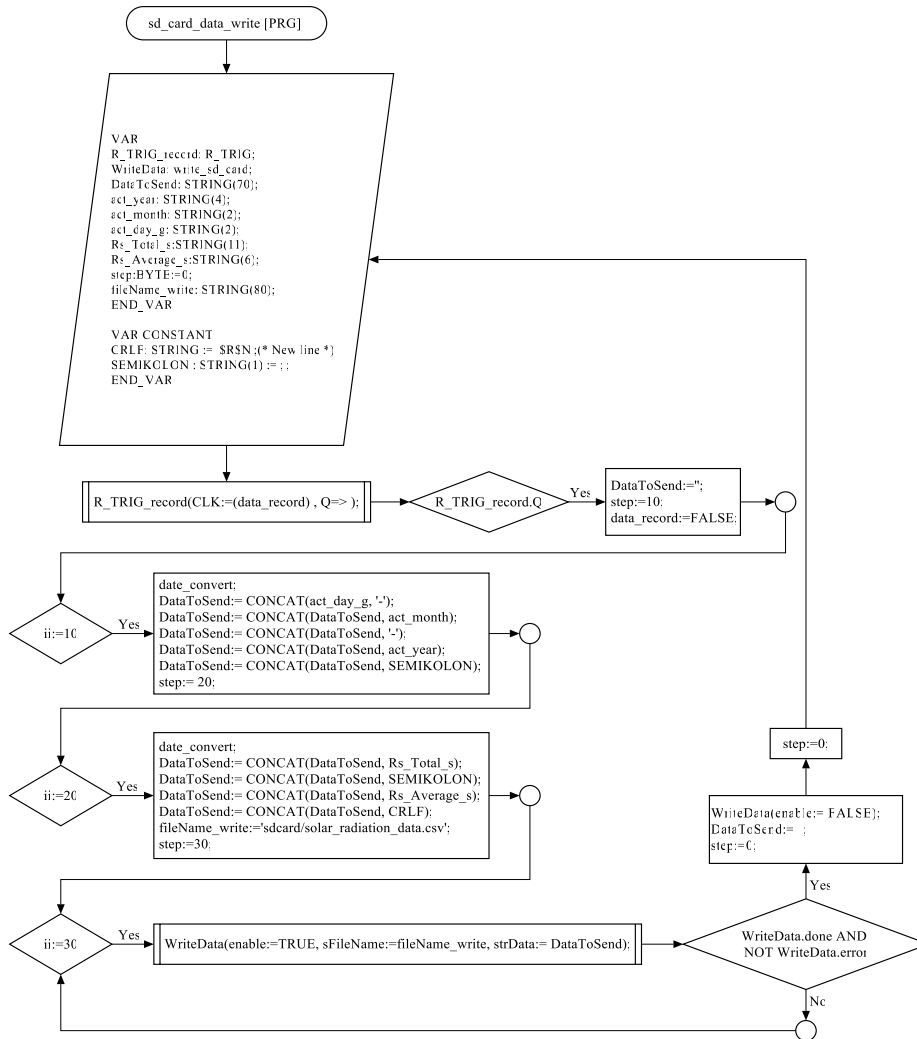


Figure 13. sd_card_data_write [PRG] flow chart

	A	B	C
1	Date	Rs_Total	Rs_Average
2	1.7.2019	15483.33	27.87
3	2.7.2019	16988.89	30.58
4	3.7.2019	18600.00	33.48
5	4.7.2019	15638.89	28.15
6	5.7.2019	16466.67	29.64
7	6.7.2019	15961.11	28.73
8	7.7.2019	16144.44	29.06
9	8.7.2019	14244.44	25.64
10	9.7.2019	16122.22	29.02

Figure 14. The part of the data file solar_radiation_data.csv for July

Rs_Average data measured by SRMS at KSU in July-November period of the 2019 was compared with Rs_Average data measured at DAGTEM in the same period. Rs_Average data measured in both regions were given in Figure 15. Daily data measured in KSU and DAGTEM varied between 3.63-33.48 MJ m⁻² day⁻¹ and 3.00-33.00 MJ m⁻² day⁻¹, respectively. Five-month averages of daily solar radiation data measured in both regions were determined as 20.20 MJ m⁻² day⁻¹ and 19.64 MJ m⁻² day⁻¹, respectively. According to the analysis made by taking into account all the daily data measured in both regions; as an expression of the deviation amounts between the SRMS and DAGTEM data, MAE was obtained as 2.06 MJ m⁻² day⁻¹, MAPE 14.57%, and RMSE 2.68 MJ m⁻² day⁻¹. The level of compatibility between SRMS and DAGTEM data groups was obtained as “good” (MAPE= 10-20%). The difference between the mean of SRMS and DAGTEM daily data groups was not found to be statistically significant ($p > 0.05$).

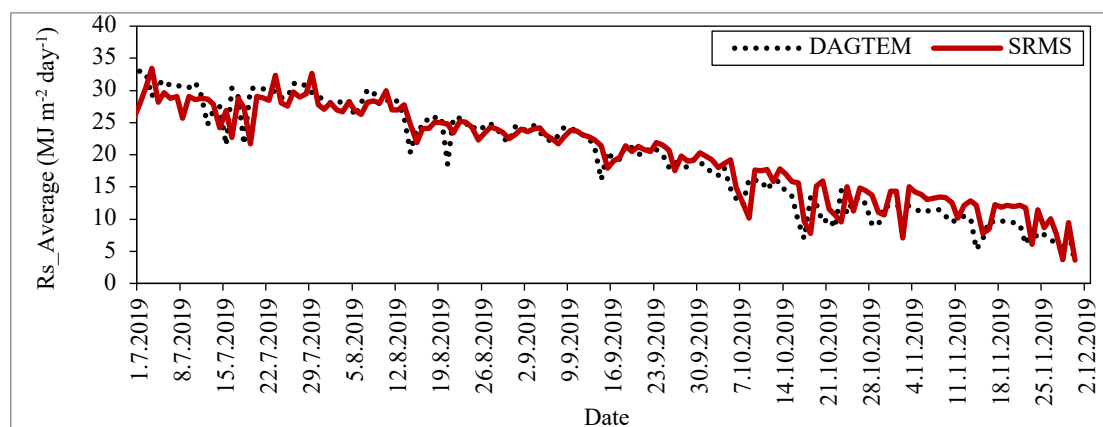


Figure 15. Daily average solar radiation data measured by DAGTEM and SRMS

The statistical relationships between the daily data groups for each month was determined separately and, given in Table 1. It is seen in Table 1 that the differences between the averages of the data groups were not found to be statistically significant in July, August, September and October ($p > 0.05$), when evapotranspiration and the amount of irrigation water determined accordingly are of great importance for the crops. In these months, the Rs_Average data measured by SRMS and DAGTEM can be considered the same. The level of compatibility between SRMS and DAGTEM data groups was determined as “excellent” (MAPE<10%) in July, August, September, and “reasonable” (MAPE= 20-50%) in October and November. The difference between the averages of data groups was found to be statistically significant in November ($p < 0.05$).

Table 1. Statistical relationships between SRMS and DAGTEM daily data for each month

Month	MAE (MJ m ⁻² day ⁻¹)	MAPE (%)	RMSE (MJ m ⁻² day ⁻¹)	Compatibility level	P
July	2.76	9.67	3.44	Excellent	0.104
August	1.35	5.58	1.86	Excellent	0.700
September	1.00	4.81	1.44	Excellent	0.517
October	2.68	20.39	3.18	Reasonable	0.087
November	2.50	23.72	2.90	Reasonable	0.012

Brown and Russel (2001) stated that the surface characteristics and topography of the land around the climate station could affect the climate data at rates approaching 20%. Due to the fact that the land surface around the climate station in KSU is covered with heavy vegetation and is more rugged than DAGTEM, there were deviations ranging from 4.81-23.72% between the Rs_Average data measured in both regions. Pinto et al. (2006) compared climate parameters measured in three different regions of the city in a study they conducted in São Paulo, Brazil. As a result of this study, they revealed that there were found to be statistically significant differences between the relative humidity and wind speed data ($p < 0.05$), and the differences between air temperature and solar radiation data were not found to be statistically significant ($p > 0.05$). Similarly, it is clearly seen in Table 1 that the differences between the daily average solar radiation data measured in two regions at 10 km distance in Kahramanmaraş province are not found to be statistically significant ($p > 0.05$).

Monthly average values of Rs_Average data measured in both regions were given in *Table 2*. In this table, it is clearly seen that the SRMS data is lower than the DAGTEM data in July and August, and higher in September, October and November. This situation is thought to be due to the different wind speeds and altitude difference in both regions. Anjos et al. (2015), Bett and Thornton (2016) stated that although there was a weak statistical relationship between wind speed and solar radiation, solar radiation generally tended to increase during periods when wind speed tended to decrease. During the July-August period, the daily average wind speed was measured as 3.08 m s⁻¹ in the DAGTEM, and 3.20 m s⁻¹ in the research field. The mean Rs_Average in this period was determined as 27.60 MJ m⁻² day⁻¹ in the DAGTEM and, 26.90 MJ m⁻² day⁻¹ in the research field. As the daily average wind speeds in DAGTEM were lower in these months compared to the research area, it has been observed that the measured Rs_Average data in this region were higher. During the September-November period, the daily average wind speed was measured as 1.76 m s⁻¹ in the DAGTEM, and 1.45 m s⁻¹ in the research field. The means of Rs_Average in this period were determined as 14.25 MJ m⁻² day⁻¹ in the DAGTEM and, 15.65 MJ m⁻² day⁻¹ in the research field. As the daily average wind speeds in DAGTEM were higher in these months compared to the research area, it has been observed that the measured Rs_Average data in this region were lower. Blumthaler et al. (1997) stated that solar radiation increased by 15-20% every 1000 meters depending on altitude. The altitudes of the research field and the DAGTEM are 508 m and 464 m, respectively. It is considered that the Rs_Average values in the research field are 1.00% higher than the values in DAGTEM due to the altitude difference.

Table 2. Monthly average values of Rs_Average data measured by SRMS and DAGTEM

Month	Rs_Average (MJ m ⁻² day ⁻¹)	
	SRMS	DAGTEM
July	28.32	29.40
August	25.50	25.73
September	21.46	21.11
October	14.61	13.21
November	10.88	8.44

4. Conclusions

In this study, a SRMS controlled by the PLC-based automation system was created. The SRMS measured the solar radiation every 30 minutes for one-day periods, and collected cumulatively, and determined the Rs_Total at the end of the day. It calculated the Rs_Average by dividing the Rs_Total by the number of measurements. Rs_Average data measured by SRMS at KSU in July-November period of 2019 was compared with data measured at DAGTEM in the same period. Five-month averages of Rs_Average data measured in both regions were determined as 20.20 MJ m⁻² day⁻¹ and 19.64 MJ m⁻² day⁻¹. There was a deviation of 14.57% between Rs_Average values measured in both regions due to wind speed and altitude difference. The level of compatibility between SRMS and DAGTEM data groups was determined as “good” (MAPE= 10-20%). The difference between the mean of both daily data groups was not found to be statistically significant (p> 0.05). It is concluded that SRMS can measure the Rs_Average with high accuracy and can be used in sensitive solar radiation measurements. It has been observed that SRMS saves labour and time used for solar radiation measurement and minimizes human-induced measurement errors.

References

- Adams, P. (1992). Crop nutrition in hydroponics. *Acta Horticulturae* 323: 289–305
- Aksoy, A., Demir, N.F., Öztürk, F.G. (2014). Agricultural Water Use and Sustainability in Turkey. *11th national agricultural economics congress*. 3-5 September, P.462-469. Samsun, Turkey
- Anjos, P.S., Silva, A.S.A., Stošić, B., Stošić, T. (2015). Long-term correlations and cross-correlations in wind speed and solar radiation temporal series from Fernando de Noronha Island, Brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 424: 90–96
- Anonim (2018a). Detailed information for: PM590 ETH, AX522 and DX561, <https://new.abb.com/products>, (Accessed date: 03.02.2018)
- Anonim (2018b). Pyranometers MS-802/402/410/602-instruction manual, https://media.eko-eu.com/assets/media/MS-402_Manual.pdf, (Accessed date: 12.06.2018)
- Anonim (2018c). Automation Builder V1.2.2 basic software installation, <https://new.abb.com/plc/automationbuilder/platform/software>, (Accessed date: 03.02.2018)
- Avallone, E., Mioralli, P.C., Scalon, V.L., Padilha, A., Oliveira, S.D.O. (2018). Thermal pyranometer using the open hardware arduino platform. *International Journal of Thermodynamics* 21 (1): 1-5
- Badran, O., Al Salaymeh, A., El Tous, Y., Abdala, W. (2010). Design and testing of an innovative solar radiation measurement device. *Energy Conversion and Management* 51: 1616–1620
- Bett, P.E., Thornton, H.E. (2016). The climatological relationships between wind and solar energy supply in Britain. *Renewable Energy* 87: 96–110
- Blumthaler, M., Ambach, W., Ellinger, R. (1997). Increase in solar UV radiation with altitude. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 39 (2): 130–134
- Bora, E., Tekeli, M., Etöz, M. (2015). Temporal variations of reference evapotranspiration and measured solar radiation in the Menemen Plain. *Journal of AARI* 25 (2): 65–76
- Brown, P., Russel, B. (2001). Siting and maintenance of weather stations. *The University of Arizona, Cooperative Extension, Turf Irrigation Management Series* 3: 1–5
- Casadesus, J., Mata, M., Marsal, J., Girona, J. (2011). Automated irrigation of apple trees based on measurements of light interception by the canopy. *Biosystems Engineering* 108: 220–226
- Deveci, H., Konukcu, F., Altürk, B. (2019). Effect of Climate Change on Wheat Grown Soil Moisture Profile in Thrace District. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 16 (2): 202–218
- Ergün, A., Ceylan, İ., Aydın, M., Gürel, A.E., Koçbulut, G. (2019). Solarmeter design for high solar radiation measurement and experimental validation. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering* 6 (3): 726–735
- Giacomelli, G.A., Ting, K.C. (1999). Horticultural and engineering considerations for the design of integrated greenhouse plant production systems. *Acta Horticulturae* 481: 475–481
- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G. (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, ASCE, Reston, USA
- Jovicich, E., Cantliffe, D.J. (2007). Bell pepper fruit yield and quality as influenced by solar radiation-based irrigation and container media in a passively ventilated greenhouse. *HortScience* 42 (3): 642–652
- Kimothi, S., Bhattacharya, B., Semalty, P.D., Pandey, V.K., Dadhwal, V.K. (2004). Estimation of ground insolation using METEOSAT data over India. *Current science* 86 (9): 1308–1312
- Koluman, N., Daşkıran, İ., Şener, B. (2013). The Heat Strees Effect on T4 (Thyroxin), T3 (Triiodothyronine), Costisol Hormones of Goats in Rearing Extensive Systems. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 10 (3): 29–136
- Kökey, İ. (2013). Güneş Enerji Santrallerinin Kurulumunda Güneş Ölçümünün Önemi ve Türkiye’de Yasal Mevzuat. *Ölçübilim Kongresi*. 26-28 Eylül, P.1-7. Kocaeli, Turkey
- Lewis, C.D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting*, Butterworths Scientific, London
- Martínez, M.A., Andújar, J.M., Enrique, J.M. (2009). A new and inexpensive pyranometer for the visible spectral range. *Sensors* 9: 4615–4634
- Pinto, H.S., Pellegrino, G.Q., Fonseca, D.B., Coral, G., Caramoni P.H., De Ávila, A.M. (2006). Comparison between Daily Meteorological Data Collected by Automatic and Conventional Stations. *4th International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations*, 24-26 May, P.1-9. Lisboa, Portugal
- Rosenberg, N.J., Blad, B.L., Werma, S.B. (1983). *Microclimate-The Biological Environment*, Wiley, New York
- Tohsing, K., Phaisathit, D., Pattarapanitchai, S., Masiri, I., Buntoung, S., Aumporn, O., Wattan, R. (2019). A development of a low-cost pyranometer for measuring broadband solar radiation. *Journal of Physics: Conference Series* 1380: 1–4

- Wang, K., Dickinson, R.E. (2012). A review of global terrestrial evapotranspiration: observation, modeling, climatology and climatic variability. *Reviews of Geophysics* 50 (2): 1–54
- Wild, M., Folini, D., Schär, C., Loeb, N., Dutton, E.G., König-Langlo, G. (2013). The global energy balance from a surface perspective. *Climate Dynamics* 40: 3107–3134
- Yağcıoğlu, A., Demir, V., Günhan, T. (2004). A computation procedure for estimating the effective transmitted sun radiation into the greenhouse - Part I. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University* 41 (2): 143–154

Antep Fıstığı Kabuğu ve Zeytin Küspesinden Biyoyakıt Amaçlı Pelet Elde Edilmesi Pellet Production From Pistachio Shell And Olive Cake For Biofuels


Hatice Cansu DEVELİ¹, Ali AYBEK², Serdar ÜÇOK^{3*}


Öz

Ülkemizde önemli bir potansiyele sahip olan bitki atıklarının biyoyakıt amaçlı enerji kaynağı olarak kullanılması önem kazanmaktadır. Bu atıklardan enerji elde etmek için birçok yöntem bulunmakta olup bu yöntemlerden bir tanesi de peletlemedir. Bu çalışmada Antep fıstığı işleme ve kavlatma tesisinden alınan Antep fıstığı kabuğu (AK), zeytinyağı işleme tesisinden alınan zeytin küspesinden (ZK) biyoyakıt amaçlı pelet elde edilmesi ve elde edilen peletlerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemelerde materyallerin 5 farklı oranda (%100 AK, %75 AK+%25 ZK, %50 AK+%50 ZK, %25AK+%75 ZK ve %100 ZK) karıştırılması ile peletler elde edilmiştir. Peletleme işlemi 6 kW motor gücüne sahip ve işleme kapasitesi 70-90 kg h⁻¹ olan dairesel sıralı delikli düz kalıplı peletleme makinesinde yapılmıştır. Çalışmada pelet parça yoğunluğu 973.70-1191.96 m³ kg⁻¹, kırılma direnci %99.21-99.87 ve nem alma oranı %19.12-22.24 arasında bulunmuştur. Maksimum pelet parça yoğunluğu %100 ZK karışımında, dikey basma gerilme direnci %100 AK'da meydana gelmiştir. Peletlerin nem içeriği Avrupa Pelet Konseyince belirlenen standartlara uygun bulunmuştur. En düşük uçucu madde miktarına sahip materyal %100 AK'de iken, en yüksek uçucu madde miktarına sahip materyal %25 AK+%75 ZK karışımında görülmüştür. Maksimum dikey sıkıştırma direnci %100 AK'da gerçekleşmiştir. Peletlerin kül içeriği değerleri %5.97 ile %10.08 arasında bulunmuştur. Kırılmaya karşı en hassas materyal %50 AK+%50 ZK karışımında gerçekleşirken kırılmaya karşı en dayanıklı materyal %100 AK'da tespit edilmiştir. Pelet çap ve uzunlukları EN16127 standardına uygun olduğu görülmüştür. Dikey sıkıştırma dirençleri ise 157.17-235.08 N arasında değişmiştir. Değerler birbirine yakın olmakla birlikte en fazla nem alma %100 ZK'de gözlenmiştir. Ülkemizde potansiyel ve çeşitliliği fazla olan yeterince değerlendirilemeyen biyoyakıt kaynakları; pelet haline getirilerek ülke ekonomisine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Antep fıstığı kabuğu, Zeytin küspesi, Biyoyakıt, Pelet, Enerji

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Serdar ÜÇOK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: sucok@ksu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7158-669X

¹Hatice Cansu DEVELİ, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: hcansudeveli@gmail.com  OrcID: 0000-0002-5094-956X

²Ali Aybek, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. E-mail: aaybek@ksu.edu.tr  OrcID: 0000-0003-3036-8204

Atıf/Citation: DEVELİ, H.C., AYBEK, A., ÜÇOK, S. Antep Fıstığı Kabuğu ve Zeytin Küspesinden Biyoyakıt Amaçlı Pelet Elde Edilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 689-701.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Plant wastes, which have a significant potential in our country, are used as biofuel energy sources and gain importance. There are various methods for obtaining energy from these wastes. One of these methods is pelleting method. The aim of study is pellet production from pistachio shell (PS) that obtained from the pistachio processing plant and spent olive cake (OC) which obtained from olive oil processing plant together with identification of physical, chemical and mechanical properties of the produced pellets. 5 different pellets were produced by 5 different combinations of pistachio shells and olive cakes (100% PS, 75% PS+25% OC, 50% PS+50% OC, 25% PS+75% OC ve 100% OC). Pelletization was done with the circular, tiered perforated and plain formed pelletizing machine which has 6 kW engine power and 70-90 kg h⁻¹ slicing capacity. In the study, pellet density, fracture strength and dehumidification ratio were found between 973.70-1191.96 m³ kg⁻¹, 99.21-99.87% and 19.12-22.24%, respectively. Maximum pellet density was found in %100 OC mix, vertical compressive stress resistance was found in 100% PS mix. Moisture content values of pellets are appropriate for the Europe Pellet Council standards. While the lowest volatile substance content has been measured in 100% PS, the highest volatile substance content was measured in 25% PS + 75% OC mix. Maximum vertical compressive stress resistance occurred in 100% PS. Ash content of the pellets were between 5.974% and 10.083%. While the most sensitive material to be broken is 50% PS+50% OC, the most enduring material to be broken is 100% PS. Pellet diameter and lengths are appropriate for EN16127 standards. Vertical compressive stress resistance are between 157.17 and 235.08 N. The most dehumidification rate was seen in 100% OC, while values are so close. Our country has good potential and diversity for biofuel sources but can not be used efficiently. These sources must be used as pellet forms and be made a big contribution to country economy.

Keywords: Pistachio shell, Olive cake, Biofuel, Pellet, Energy

1. Giriş

Toplumların kalkınma ve gelişme düzeylerini arttırmak amacıyla gerçekleştirdikleri ilerlemeler enerji tüketim hızında artışlara sebep olmaktadır. Dünya genelinde kullanılmakta olan enerji kaynaklarının birçoğunu fosil enerji kaynakları oluşturmaktadır (Aybek ve ark., 2015). Enerji kaynakları kullanımına göre, alternatif (yenilenebilir) ve fosil (yenilenemez) enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ancak fosil kaynak rezervlerinin mevcut enerji ihtiyacını ilerleyen yıllarda karşılayamayacağı ve rezervlerin tükeneceği öngörülmektedir (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006). Fosil enerji kaynaklarının en önemli dezavantajı yakıldıkları zaman iklim değişikliğine neden olan kirletici özelliğe sahip sera gazlarını yaymaları ve küresel ısınmaya yol açarak asit yağmurlarının oluşmasına neden olmasıdır. Fosil kaynak rezervlerinin sınırlı olması yenilenebilir enerji kaynaklarının ilerleyen yıllarda öneminin artacağını göstermektedir (Dağtekin ve Gürdil, 2021).

Yenilenebilir enerji, enerji temininde sürekliliğe sahip ve doğal süreçler sonucunda oluşmaktadır. Bu enerji kaynaklarının enerji üretiminde daha çok rol alması ile karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunması sağlanabilir ve enerjide dışa bağımlılık minimum düzeye indirilebilir (Çapık, 2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyoyakıt enerjisi doğa dostu, ekonomik, güvenli ve enerji üretimde işletme maliyetleri az olarak bilinmektedir (Özdemir ve Er, 2018). Hammaddesi tarımsal ve hayvansal kökenli atıkların çeşitli biyokimyasal ve termokimyasal işlemler uygulanarak elde edilen katı, sıvı ve gaz ürünlere biyoyakıt denilmektedir. Ayrıca endüstriyel, kentsel ve evsel atıklardan da biyoyakıt elde etmek mümkündür. Katı biyoyakıtlar iki başlıkta incelenmektedir (Karaosmanoğlu, 2006). Geleneksel olan katı biyoyakıtlar günlük hayatta sıklıkla uygulanmakta olup odunlar, ağaç dalları vb. olan yakıtların işlem görmeden yakılmasıdır. Modern katı biyoyakıt ise materyalin işlenmesi sonucunda yeni bir yakıt oluşturulması işlemi olup yakıtın daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Modern biyoyakıt için hammaddelere öğütme işlemi uygulanarak daha küçük parçalar elde edilip sonrasında yüksek basınçla sıkıştırılarak daha büyük kütleyle sahip yakıtlar oluşturulmaktadır. Elde edilen yakıtlar ısınma ihtiyacında, elektrik enerjisinin temininde de kullanılabilir. En önemli uygulanma şekli peletler ve briketlerden meydana gelmektedir (Karaosmanoğlu, 2006).

Enerjiye olan gereksinimin sürekli artış gösterdiği günümüz şartlarında fosil kaynaklar yerine yeni ve yenilenebilir kaynak arayışı devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan biyokütle önemli bir yer tutmaktadır (Diken ve Kayışoğlu, 2020). Materyallerin biyoyakıt amaçlı peletleme işlemi sonucunda hacimsel ısı değerinde artış sağlanırken taşıma ve depolama maliyetlerinde azalma görülür. Ayrıca yanma özelliklerinde iyileşme gözlemlenir. Atmosfere salınan parçacıkların emisyonunda azalma görülür. Aynı boyut veya şekle sahip daha üstün özellikler elde edilir. Gelişmiş ülkelerin birçoğunda katı olan atıklar, biyokütle peletleme işlemi uygulanarak yararlı, kullanılabilir ve ekonomik ürünler elde edilebilmektedir. Ülkemizde enerji amaçlı pelet üzerine yapılan çalışmalar peletlemenin yaygınlaşmasını sağlayıp veri tabanını güçlendirecektir. (Aydemir, 2017).

Tarım ve tarıma dayalı sanayide oluşan ürün atıklarının enerji kaynağı olarak katı yakıt formuna sahip olarak aktif bir şekilde değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla, söz konusu atıklar kurutulup, öğütüldükten sonra preslenerek biyoyakıt amaçlı pelet haline getirilebilir. Biyokütle kaynaklı olan Antep fıstığı kabuğu ve zeytin küspesi atıklarının organik madde miktarları yüksek olması nedeniyle peletleme açısından önemli atıklardır.

Bu çalışmanın genel amacı; Antep fıstığı kabuğu ve zeytin küspesi atıklarından biyoyakıt amaçlı pelet elde edilmiş peletlerin fiziksel ve kimyasal, fiziko-mekanik ve termal özelliklerini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Antep fıstığı işleme ve kavlatma tesisinden alınan Antep fıstığı kabuğu (*Şekil 1*) ve zeytinyağı işleme tesisinden alınan zeytin küspesi (*Şekil 2*) kullanılmıştır. Pelet üretiminde elde edilen materyaller ilk olarak doğal şekilde güneşte kurutulduktan sonra öğütülmüştür.

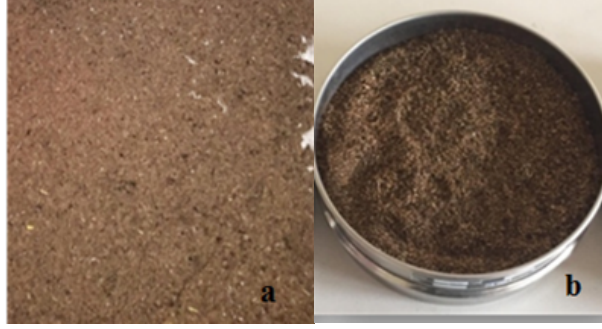


Figure 1. Wet pistachio shell (a) and pistachio shell after drying-grinding process (b)

Şekil 1. Yaş Antep fıstığı kabuğu atıkları (a) ve kurutma-öğütme işlemi tamamlanmış Antep fıstığı kabuğu atıkları (b)



Figure 2. Wet olive pulp (a) and olive pulp after drying-grinding process (b)

Şekil 2. Yaş zeytin küspesi (a) ve kurutma-öğütme işlemi tamamlanmış zeytin küspesi (b)

Peletleme işlemi için laboratuvar tipi, motor gücü 6 kW olan ve 70-90 kg h⁻¹ işleme kapasitesine sahip dairesel sıralı delikli düz kalıplı redüktör dönü sayısı 96 d dak⁻¹ peletleme makinesi kullanılmıştır (Şekil 3).



Figure 3. Pelletizing machine

Şekil 1. Peletleme makinesi

2.2. Metot

Antep fıstığı kabuğu (AK) ve zeytin küspesi (ZK) atıkları ilk olarak doğal şekilde güneş altında kurutulup öğütüldükten sonra materyallerin kuru kütle bazında karışım oranları (%) ve karışımların isimlendirilmeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pelet yapımında kullanılan materyallerin kuru kütle bazında karışım oranları (%)
Table 1. Mix ratio (%) of materials used in pellet production on dry mass basis

Materyal	Karışım-1	Karışım-2	Karışım-3	Karışım-4	Karışım-5
AK (%)	100	0	50	75	25
ZK (%)	0	100	50	25	75

Peletleme işlemi öncesinde her karışım ayrı ayrı bir kaba alınıp her birine peletlerin bağlayıcılığı artması amacıyla %5 oranında sıvı melas eklenerek homojen karışımlar elde edilmiştir. Karışımlar peletleme işlemi için bir kap yardımıyla pelet makinesine boşaltılmıştır. Elde edilen peletlerden (Şekil 4) sonra her karışım için pelet makinesi temizlenip işlem tekrarlanmıştır.



Figure 4. View of the pellets obtained

Şekil 4. Elde edilen peletlerin görünümü

Peletlerin; kül içeriği analizi, TS ISO 1171 standardı esas alınarak, nem içeriği ASTM D 3173 standardına göre, uçucu madde içeriği analizi, TS ISO 562 standardına göre, sabit karbon içeriği analizi, ASTM D 3172 standardına göre, toplam karbon ve azot içeriği analizleri AOAC (1990) yöntemine göre belirlenmiştir. Pelet parça yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla her pelet örneğinden 40 adet pelet rastgele seçilmiştir. Daha sonra seçilen peletler (0.001 hassasiyetli) hassas terazide tartılarak kütleleri kaydedilmiştir. Tartım sonrasında silindirik şeklindeki peletlerin çapı ve uzunluğu 0.01 mm hassasiyete sahip dijital kumpas yardımı ile ölçülerek peletlerin özgül hacmi (kg m^{-3}) hesaplanmıştır. Toplam karbon (C) ve azot (N) analizleri elemental analiz cihazı (Leco marka Truspec Micro) ile yapılmıştır.

Peletlerin kırılma dirençlerinin belirlenmesi amacıyla rastgele seçilmiş 4 adet pelet 1.80 m yükseklikten sert bir zemine 4 kez serbest bırakılmıştır. Peletler 3.15 mm delik çapındaki elekten elenmiştir. Eleme işlemi sonunda kütleleri tartılıp ilk kütlelerine oranlanmıştır. Hesaplama Eşitlik 1 kullanılmıştır (Yılmaz, 2014).

$$K_d = \frac{m_e}{m_a} \times 100 \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte;

K_d : Kırılma direnci (%)

m_e : Test öncesi pelet kütlesi (g)

m_a : Test sonrası pelet kütlesi (g)'dir.

Peletlerin üst ısıl değeri Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır (Baileys ve Blankenhorn, 1982).

$$\text{HHV} = 0.312\text{FC} + 0.1534\text{VC} \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlikte;

HHV: Üst ısıl değer (MJ/kg)

FC: Sabit karbon (%)

VC: Uçucu madde içeriği (%)'dir.

Peletlerin sıkıştırma direnci Newton (N) olarak Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Liu ve ark., 2014).

$$\sigma_x = \frac{2F}{\pi dl} \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlikte;

σ_x : Dikey basma gerilme direnci (N)

F: Maksimum kırılma kuvveti (N)

d: Pelet çapı (m)

l: Pelet uzunluğu (m)'dur.

Pelet nem alma oranları pelet kütleindeki değişim yöntemi ile belirlenmiştir. Pelet nem alma oranının belirlenmesinde beş farklı karışım içerisinde rastgele seçilen 5 adet pelet, etüvde 105 ± 2 °C sıcaklıkta sabit kütle değerine ulaşmaya kadar yaklaşık olarak 24 saat bekletilmiştir. Kurutma sonrasında peletlerin ilk kütlesi kaydedilmiş ve %90 nem içeriğinde 27 °C sıcaklığa sahip iklimlendirme kabiniinde 24 saat bekletilerek tekrar tartılmıştır (Eşitlik 4). Peletlerin nem alma oranları yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. (Atay, 2015; Başıbüyük, 2020).

$$Pa = \frac{(mf-mi)}{mi} * 100 \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlikte;

Pa: Nem alma oranı (%)

mi: Pelet materyallerin ilk kütlesi (g)

mf: Pelet materyallerin son kütlesi (g)'dir.

Peletlerin yanma özelliklerinin belirlenebilmesi için termogravimetrik analizler yapılmıştır. Her karışımdan alınan 20-25 mg numuneler seramik krozelere konularak $30-920$ °C'ye kadar 10 °C dak^{-1} 'lık tarama hızında, 20 mL dak^{-1} 'lık akış hızında analizler yapılmıştır. Bu sıcaklık aralığında meydana gelen kütle kaybı ve kütle kayıp oranı TGA analizörü (PerkinElmer TG/DTA model) ile grafiğe yansıtılmıştır. Yapılan analiz sonrasında termogravimetrik analizler (TGA) ve diferansiyel termogravimetrik analiz (DTG) verileri elde edilmiştir.

Araştırmada, tüm veriler 3 tekerrürlü olarak ölçülmüş ve ortalama değerler alınıp istatistiksel analizi (SPSS, One Way Anova, Tukey) yapılmıştır. Bulunan değerler şekil ve tablolara aktarılarak yorumlanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Peletlerin fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırmada peletlerin elemental analizi (C, N, H (%)) ve üst ısıl değerleri, pelet parça yoğunluğu, dikey sıkıştırma direnci, nem içeriği, nem alma direnci, kırılma direnci, uçucu madde, sabit karbon ve kül içeriği analizleri belirlenmiştir.

Peletlerin elemental analizi sonunda; C, N, H (%) değerleri ve ayrıca üst ısıl değerleri belirlenmiştir (Tablo 2). Peletlerin; N değerleri %4.31-4.62, C değerleri %48.1-52.1, H değerleri %7.38-8.06 ve üst ısıl değerleri ise 16.17-18.38 MJ kg^{-1} arasında belirlenmiştir. Maksimum azot miktarı %4.62 ile %50 AK+%50 ZK'de, maksimum karbon miktarı %52.1 ile %100 AK'de, maksimum hidrojen miktarı ise %8.06 ile %100 AK'de ve maksimum üst ısıl değeri %75 AK+ %25 ZK'de ölçülürken minimum N ve H (%) değerleri %100 ZK'de, minimum C (%) değeri %50 AK+%50 ZK'de ve minimum üst ısıl değeri %100 ZK'de belirlenmiştir.

Pelet ile yapılan çalışmalarda; Tırıs (2014), biyokütle enerji içerikleri ve biyokütle karakterizasyonu üzerine yaptığı araştırmada elemental analiz sonucunda C(%) değeri %42.98-%58.83, H (%) değeri %4.08-%6.8, N (%) değeri ise %0.12-%4.72 aralığında bulmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerler Tırıs (2014) çalışması ile kıyaslandığında; N ve H (%) değerlerinin uyumlu olduğu fakat H (%) değerleri Tırıs (2014) yaptığı çalışmadaki değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, materyal ve kimyasal içerik farklılığından kaynaklandığı söylenebilir. Karışımdaki AK miktarı arttıkça H (%) miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Peletlerin üst ısıl değerlerine bakıldığında elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ancak N (%) değerlerinde %100 ZK için %4.31, %100 AK için %4.43 olduğu görülmektedir. İki materyalin karıştırılmasıyla

elde edilen karışım değerlerinin %4.31-%4.43 aralığında olmamasının sebebi sistematik örneklem hatasından kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 2. Peletlerin elemental analizi ve üst ısı değerleri
Table 2. Elemental analysis and Higher heating value of pellets

Peletlerin elemental analiz ve üst ısı değerleri	Pelet karışımları				
	%100 AK	%75 AK+ %25 ZK	%50 AK+ %50 ZK	%75 ZK+ %25 AK	%100 ZK
N (%)	4.43	4.46	4.62	4.59	4.31
C (%)	52.1	49.2	48.1	48.8	48.6
H (%)	8.06	7.64	7.42	7.51	7.38
Üst ısı değeri (MJ kg ⁻¹)	17.96	18.38	16.17	17.67	17.14

Peletlerin ortalama çap, uzunluk, kütle ve pelet parça yoğunluk değerleri *Tablo 3*'de verilmiştir. Pelet çapları 6.45-6.78 mm, pelet uzunluklarının 21.85-34.71 mm, pelet kütleleri 0.78-1.39 g ve pelet parça yoğunlukları 973.70-1191.96 kg m⁻³ arasında belirlenmiştir. Avrupa Pelet Konseyi tarafından hazırlanan el kitabında belirtilen EN16127 standardına göre pelet çapları 6-8 mm, pelet uzunlukları ise 3.15-40 mm arasında standart değer kabul edilmektedir. Çalışmada elde edilen verilere göre pelet çap ve uzunlukları EN16127 standardına uygun olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada ZK oranı arttıkça pelet parça yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Karışımlar arası pelet parça yoğunluklarında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (P<0.05). Atay ve ark. (2018) şeftali çekirdeği ve linyit kömür tozu ile yaptığı peletlerin parça yoğunluğunu 905.30-1000.40 kg m⁻³ olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler Atay ve ark. (2018) tarafından bulunan değerlerle kıyaslandığında, %100 AK haricinde parça yoğunlukların daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu farklılığın nedeninin atıkların fiziksel özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. Peletlerin çap, uzunluk, kütle ve parça yoğunluğu
Table 3. Diameter, length, weight and particle density of pellets

Peletler	Çap (mm)	Uzunluk (mm)	Kütle (g)	Pelet parça yoğunluğu (kg m ⁻³)
% 100 AK	6.48	24.29	0.78	973.70e
%100 ZK	6.78	32.30	1.39	1191.96a
%75 AK+%25 ZK	6.41	33.57	1.14	1003.84d
%25 AK+%75 ZK	6.45	31.25	1.07	1047.91b
%50 AK+%50 ZK	6.57	34.71	1.13	1018.07c

Satır içerisinde aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P<0.05).

Peletlerin kırılma direnci %99.21-%99.87 aralığında bulunmuştur. Çalışmada en yüksek kırılma direnci %99.87 ile %100 AK'de meydana gelirken, kırılmaya karşı en hassas materyal %50 AK+%50 ZK'de oluşmuştur (*Tablo 4*). Karışımlar arası kırılma direncinde önemli düzeyde farklılık bulunmamıştır (P<0.05). Aydemir (2017) kenevir sapları, fındık ve çeltik atıklarını materyal olarak kullanarak pelet kırılma direncini %99.33-%99.90, Yılmaz (2014) ise pamuk sapları ve susam saplarını materyal olarak kullandığı çalışmada pelet kırılma direnci %99.26-%99.71 değerleri arasında belirlemiştir. Bu çalışmada elde edilen kırılma direnci değerleri, Aydemir (2017) ve Yılmaz (2014)'ün bildirmiş olduğu değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Dikey sıkıştırma dirençleri 157.17-235.08 N arasında bulunmuştur (*Tablo 4*). Dikey sıkıştırma değeri; maksimum 235.08 N ile %100 AK'de olurken minimum ise %100 ZK'de 157.17 N olarak belirlenmiştir. AK oranı arttıkça dikey sıkıştırma direncinin arttığı görülmüştür. Karışımlar arası dikey sıkıştırma dirençlerinde önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (P<0.05). Atıklarının peletlenmesi ile oluşan peletlere uygulanan dikey sıkıştırma direnci çalışmalarında; Bilgin ve ark. (2016) çay fabrikası atıklarında en yüksek basınç değerini 476 N, Garsia-Maraver ve ark. (2010) zeytin dalı ve yapraklarında en yüksek basınç değerini 220 N olarak belirlemişlerdir. Bu

çalışmada yapılan dikey sıkıştırma direnci denemesi sonucunda elde edilen değerler, Bilgin ve ark. (2016) tarafından bulunan değerlerden düşük olduğu ancak Garsia-Maraver ve ark. (2010) tarafından bulunan değerlere yakın olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların olmasının nedeni materyal farklılığından kaynaklandığı söylenebilir.

Peletlerin nem içeriği %5.40-%6.70 arasında bulunmuştur (Tablo 4). Bu değerler, EN14774-1 standardında belirtilen değerlerden (\leq %10) küçük olup standartlara uygundur. Karışımlar arası nem içeriklerinde önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($P<0.05$). Atay ve Ekinci, (2020) linyit kömür tozu ve kızılçam ağaç kabuğunun nem içeriği değerlerini %5.39-%9.15 arasında olduğunu belirtmiştir. Pelet nem içeriği değerleri, bu çalışma ile kıyaslandığında her ikisinin de EN14774-1 standardında belirtilen değer aralığında olduğu görülmüştür.

Peletlerin taşıma veya depolanması sırasında, hava koşulları veya yüksek nispi nem koşulları pelet kalitesini etkilemektedir (Kaliyan ve Morey 2009). Peletlerin depolanmasında nem alması peletlerin dayanımlarını azaltmaktadır (Tabil, 1996; Fasina ve ark. 1996). Peletlerin nem alma değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Değerler birbirine yakın olmakla birlikte en fazla nem alma %22.69 ile %100 ZK’de, en az nem alma ise %19.12 ile %100 AK’da gözlenmiştir. Çalışmada ZK oranı arttıkça nem alma oranı artmıştır. Karışımlar arası nem alma dirençlerinde önemli düzeyde farklılık bulunmamıştır ($P>0.05$).

Peletlerin uçucu madde miktarları, sabit karbon ve kül içeriği değerleri Tablo 5’de verilmiştir. En düşük uçucu madde miktarına sahip materyal %100 AK’de %52.87 iken, en yüksek uçucu madde miktarına sahip materyal %100 ZK’de %64.83 olarak belirlenmiştir. ZK oranı arttıkça uçucu madde miktarında artma görülmüştür. Karışımlar arası uçucu madde miktarlarında önemli düzeyde farklılık bulunmamıştır ($P<0.05$). Uçucu madde miktarları ile yapılan çalışmada; Atay ve Ekinci (2020) tarafından yağ gülü damıtma atıkları, linyit kömür tozu ve kızılçam ağaç kabuğundan linyit kömür tozunun %75 oranda kullanıldığı karışımda %43.8 iken kızılçam ağaç kabuğunun %75 oranda olduğu karışımda ise %68.5 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler yapılan araştırma ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. Peletlerin kırılma direnci, dikey sıkıştırma direnci, nem içeriği, nem alma değerleri

Table 4. Fracture resistance, vertical compression strength, moisture content, moisture uptake values of pellets

Peletler	Kırılma direnci (%)	Dikey sıkıştırma direnci (N)	Nem içeriği (%)	Nem alma direnci (%)
%100 AK	99.87a	235.08a	5.40bc	19.12a
%100 ZK	99.78a	157.17c	5.46bc	22.69a
%75 AK+%25 ZK	99.62a	210.76b	5.26c	20.26a
%25 AK+%75 ZK	99.51a	167.19d	6.12ab	22.24a
%50 AK+%50 ZK	99.21a	181.29c	6.70a	21.49a

Satır içerisinde aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P<0.05$).

Peletlerin uçucu madde miktarları, sabit karbon ve kül içeriği değerleri Tablo 5’de verilmiştir. En düşük uçucu madde miktarına sahip materyal %100 AK’de %52.87 iken, en yüksek uçucu madde miktarına sahip materyal %100 ZK’de %64.83 olarak belirlenmiştir. ZK oranı arttıkça uçucu madde miktarında artma görülmüştür. Karışımlar arası uçucu madde miktarlarında önemli düzeyde farklılık bulunmamıştır ($P<0.05$). Atay ve Ekinci (2020) tarafından yağ gülü damıtma atıkları, linyit kömür tozu ve kızılçam ağaç kabuğundan linyit kömür tozunun %75 oranda kullanıldığı karışımda %43.8 iken kızılçam ağaç kabuğunun %75 oranda olduğu karışımda ise %68.5 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler yapılan araştırma ile benzerlik göstermektedir.

Sabit karbonun yanması sonucu ortaya çıkan inorganik atık olarak tanımlanan kül, yanma teknolojisinin belirlenmesinde önemli bir parametredir (Garcia ve ark., 2014). Peletlerin sabit karbon değerleri %21.26-%31.63 arasında belirlenmiştir (Tablo 5). Karışımlar arası sabit karbon değerlerinde önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($P<0.05$). Bu değerler, Atay ve Ekinci (2020) tarafından yağ gülü damıtma atıkları, linyit kömür tozu ve kızılçam ağaç kabuğu ile yapılmış olduğu çalışmada sabit karbon değerlerini %13.09-%32.49 arasında olduğunu bildirmiştir. Sabit karbon değerleri yapılan bu çalışma ile benzer aralıkta bulunmuştur.

Peletlerin kül içeriği değerleri %5.97-%10.08 arasında bulunmuştur (Tablo 5). Maksimum kül içeriğine sahip materyal %100 ZK’de görülmüştür. Karışımdaki zeytin küspesi miktarı arttıkça kül içeriği değeri doğrusal olarak artmıştır. Karışımlar arası kül içeriği değerlerinde önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($P<0.05$). Avrupa Pelet Konseyi EN plus-A1, En plus-A2 ve EN-B sınıfı olmak üzere üç standart belirlemiştir. EN plus-A1 için kül içeriği

değeri %0.7'den düşük, En plus-A2 için kül içeriği değeri %1.5'den düşük ve EN-B sınıfı peletler için %3'den düşük olması gerekmektedir. Ancak elde edilen tüm kül içeriği değerleri Avrupa Pelet Konseyi'nce belirlenen standartlara göre yüksek kalmıştır. Bunun nedeni kimyasal içerik değerlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Tablo 5. Peletlerin uçucu madde miktarları, sabit karbon ve kül içeriği değerleri

Table 5. Volatile matter amounts, fixed carbon and ash content values of pellets

Peletler	Uçucu madde miktarı (%)	Sabit karbon (%)	Kül içeriği (%)
%100 AK	52.87b	31.57a	7.44c
%100 ZK	64.83a	24.53c	10.08a
%75 AK+%25 ZK	55.51ab	31.63a	5.97d
%25 AK+%75 ZK	63.13a	25.62b	9.82b
%50 AK+%50 ZK	62.20a	21.26d	7.50c

Satır içerisinde aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P < 0.05$).

3.2. Peletlere Uygulanan Termogravimetrik Analizler

TGA; uygun şartlarda ısıtılan numunede oluşan kütle değişiminin, zamana veya sıcaklığa bağlı olarak hesaplandığı bir yöntem, DTG ise TGA'nın birinci türevi olup birim zamanda numunede oluşan kütle kaybının belirlendiği bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Şensöğüt, 2002). TGA, yanma özelliklerinin belirlenmesindeki en iyi yöntemlerdendir. Pelet numunelerine ait termogramlarda; kırmızı renkli (azalan) eğri, sıcaklık artışına bağlantılı olarak numune kütledeki azalmayı % cinsinden belirtirken (TGA), mavi renkli (dalgalı) eğri ise sıcaklık artışıyla bağlantılı olarak gerçekleşen kütle kaybını % cinsinden belirtmektedir (DTG).

Pelet numunelerinin TGA eğrilerinde iki önemli kütle kaybı meydana gelmiştir. İlk kütle kaybı 100 °C sıcaklıkta gerçekleşmiştir. Maksimum su kütle kaybı yaklaşık %8 ile %100 AK'da görülmüştür. Bu değer %75 ZK+%25 AK'da yaklaşık %5 iken diğer numunelerde yaklaşık %7 olduğu gözlenmiştir. Numunelerin ikinci kütle kayıpları %100 AK'de 132-548 °C, %100 ZK'de 176-553 °C, %75 ZK+%25 AK'da 170-551 °C, %75 AK+%25 ZK'de 148-547 °C ve %50 AK+%50 ZK'de 161-556 °C sıcaklıkları aralığında gözlenmiştir. Numunelerin 900°C'de maksimum kütle kayıp değerleri yaklaşık olarak %100 AK'da %89, %100 ZK'de %76, %50 AK+%50 ZK'de %80, %75 ZK+%25 AK'da %82 ve %75 AK+%25 ZK'de %88 olduğu belirlenmiştir (Şekil 5-6, Tablo 6).

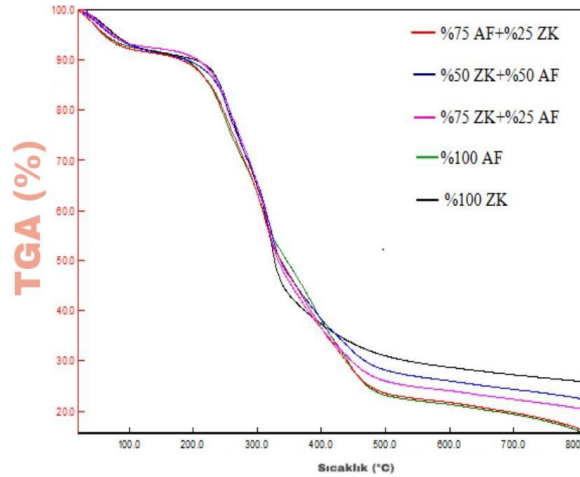


Figure 5. TGA curves of all pellets

Şekil 5. Tüm peletlerin TGA eğrileri

Peletlerin başlangıç bozunma sıcaklıkları; %100 AK'de 132 °C, %100 ZK'de 176 °C, %75 ZK+%25 AK karışımında 148 °C ve %75 AK+%25 ZK'de 170 °C, %50 AK+%50 ZK'de 161 °C olarak belirlenmiştir. ZK oranı arttıkça T_i (°C) değerinde artma meydana gelmiştir Peletlerin maksimum bozunma sıcaklıkları; %100 AK'de 335

°C, %100 ZK'de 341 °C, %75 AK +%25 ZK'de 327 °C ve %25 AK+%75 ZK'de 336 °C, %50 AK+%50 ZK'de 324 °C olarak bulunmuştur (Şekil 5-6, Tablo 6).

Numunelerin final bozunma sıcaklıkları %100 AK'da 548 °C, %100 ZK'de 553 °C, %50 AK+%50 ZK'de 556 °C, %75 ZK+%25 AK'da 551 °C ve %75 AK+%25 ZK'de 547 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 5-6, Tablo 6). Bozunma sıcaklık değerleri arasındaki farklılıkların bileşenler arasında oluşan reaktivite farklılıklarından kaynaklanmış olduğu söylenebilir. Liu ve ark. (2014), Thek ve Oberberger (2004) final bozunma sıcaklıklarının ve maksimum bozunma sıcaklıklarının yüksek olması pelet yanma ısıl oranını artıracaklarını ifade etmişlerdir. Bu nedenle peletlerin yakacak olarak kullanılması durumunda ZK oranının artması ile yanma kalitesi yükselecektir.

Numunelerin minimum kütle kayıp oranının %100 AK'de 3.7 % dak⁻¹ olduğu ve maksimum kütle kayıp oranının %100 ZK'de 7.0 % dak⁻¹ olduğu görülmüştür. Bu oran %75 ZK+%25 AK'da 5.4 % dak⁻¹ iken %50 AK+%50 ZK'de 4.7 % dak⁻¹ ve %75 AK+%25 ZK'de 4.5 % dak⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 6). Karışımlar arası kütle kayıp oranlarında önemli düzeyde farklılık bulunmuştur (P<0.05).

Uçucu madde miktarlarına bakıldığında (Tablo 5) %100 ZK'nın yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum içerisindeki organik bileşik miktarının fazla olduğunu göstermektedir. Organik madde miktarının fazla olması kütle kaybının artmasını sağlamaktadır. Bundan kaynaklı olarak çalışmada zeytin küspesi oranı arttıkça maksimum kütle kayıp oranını arttığı görülmüştür (Şekil 5-6, Tablo 6).

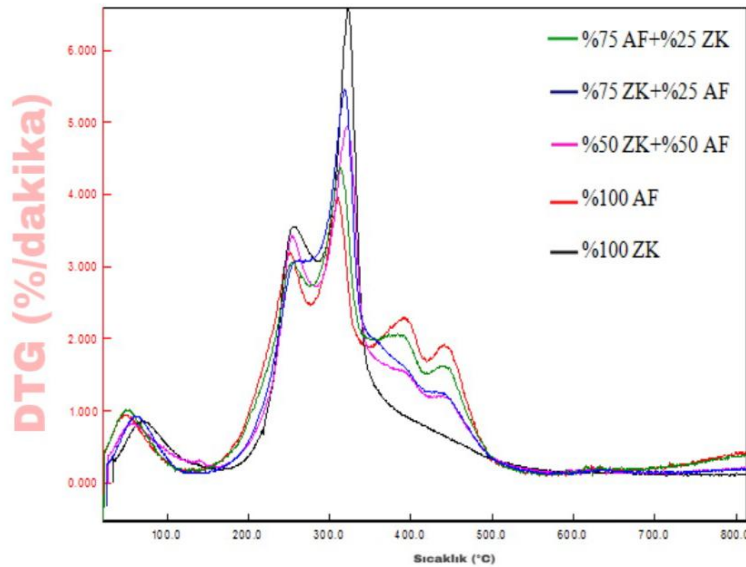


Figure 6. DTG curves of all pellets

Şekil 6. Tüm peletlerin DTG eğrileri

Tablo 6. Peletlerin termal bozunma sıcaklıkları

Table 6. Thermal decomposition temperatures of pellets

Peletler	T _i (°C)	T _{max} (°C)	T _f (°C)	Kütle kayıp oranı (% dak ⁻¹)
%100 AK	132	335	548	3.7d
%100 ZK	176	341	553	7.0a
%75 AK+%25 ZK	148	327	547	4.5c
%25 AK+%75 ZK	170	336	551	5.4b
%50 AK+%50 ZK	161	324	556	4.7c

Satır içerisinde aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P<0.05).

4. Sonuç

Antep fıstığı kabuğu ve zeytin küspesinin, 5 farklı oranda (%100 AK, %75 AK+%25 ZK, %50 AK+%50 ZK, % 25AK+%75 ZK ve %100 ZK) karıştırılması ile elde edilen peletlerin elemental analizi ve üst ısıl değerleri, pelet parça yoğunluğu, kırılma direnci, dikey sıkıştırma direnci, nem alma direnci, nem içeriği, uçucu madde miktarı, kül içeriği ve termogravimetrik analizler belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Peletlerin nem içeriği değerleri Avrupa Pelet Konseyince belirlenen standartlara uygundur.
- ZK oranı arttıkça pelet parça yoğunluğunda da artma meydana gelmiştir.
- AK oranı arttıkça dikey sıkıştırma direncinde de artma meydana gelmiştir.
- Peletlerin nem içeriği, EN14774-1 standardında belirtilen değerlerden (\leq %10) küçük olup standartlara uygun olduğu görülmüştür.
- ZK oranı arttıkça nem alma oranında artma meydana gelmiştir.
- ZK oranı arttıkça kül içeriğinde artma olmuştur.
- ZK oranı arttıkça Ti (°C) değerinde artış görülmüştür.
- Kırılmaya karşı en hassas materyal %50 AK+%50 ZK olurken kırılmaya karşı en dayanıklı materyal, %100 AK olmuştur.
- Pelet çap ve uzunlukları, EN16127 standardına uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
- %100 AK miktarının artması ile pelet dayanımının arttığı belirlenmiştir. Peletler dayanım bakımından değerlendirildiğinde %100 AK tercih edilmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır.
- Termogravimetrik ve diferansiyel termogravimetrik analiz sonuçlarına bakıldığında ZK oranı arttıkça maksimum kütle kaybı oranında da artma meydana gelmiştir.
- Peletlerin yakacak olarak kullanılması durumunda ZK oranının artması ile yanma kalitesinde yükselme olacaktır. Yanma açısından en etkin peletler %100 ZK olan pelet olarak belirlenmiştir.

Konuya ilişkin öneriler:

- Ülkemizde potansiyeli ve çeşitliliği fazla olan fakat değerlendirilmesi düşük olan biyoyakıt kaynakları; pelet şekline getirilip ülke ekonomisine katkı ve çevre kirliliğinin önlenmesinde etki sağlayabilir.
- Enerjide dışa bağımlılığın düşmesi ve potansiyel kaynaklarımızın değerlendirilebilmesi bakımından tarımsal kökenli biyokütle kaynaklarını pelet haline getirerek alternatif enerji üretilebilir.
- Pelet üretimi için kurulabilecek tesisler kırsal alanlarda iş imkanı oluşturabilir.
- Pelet üretimi için yatırımcılar devlet tarafından desteklenip teşvik edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırabilirler.

Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (2018/5-3 YLS).

Kaynakça

- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. US.
- ASTM D3172-13. (2013). Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke, ASTM International.
- Atay, O., (2015). Yağgüllü Damıtma Atıklarının Peletlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği, Isparta. 66s.
- Atay, O. A., Ekinci, K. (2020). Characterization of Pellets Made From Rose Oil Processing Solid Wastes/Coal Powder/Pine Bark. *Renewable Energy*, 149, 933-939.
- Atay, O.A., Ekinci, K., Üçok, S., Kaçar, H., Kumbul, B.S., Aybek, A. (2018). Şeftali Çekirdeği ve Linyit Kömür Tozundan Yapılan Peletlerin Fiziko Mekanik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*, 274-280.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A., Bilgili, M. E. (2015). Digital Mapping And Determination of Biogas Energy Potential of Usable Animal Manure and Cereal Straw Wastes in Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 12(3), 109-120.
- Aydemir, T. (2017). Farklı Tarımsal Artıklar Kullanılarak Hazırlanan Karışım Peletlerinde Kenevir Sapı Kullanımının Pelet Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 79.
- Başbüyük, Ü.F. (2020). Pamuk çiğidi küspesi ve kırmızıbiber işleme atıklarından biyoyakıt amaçlı pelet elde edilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49s.
- Baileys, R.T, Blankenhorn, P.R. (1982). Calorific And Porosity Development in Carbonized Wood. *Wood Sci* 1984;15(1):19–28.
- Bilgin, S., Koçer, A., Yılmaz, H., Acar, M., Dok, M. (2016). Çay Fabrikası Atıklarının Peletlenmesi ve Pelet Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1300:2910, 70-80.
- Çapik, M. (2012). Present Situation And Potential Role of Renewable Energy in Turkey"; *Renewable Energy* 46, s.01-13.
- Dağtekin M, Gürdil G. A. K. (2021) Pelleting Pruning Residues of Mandarin for Bio-Energy. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 26(1) : 75-81. DOI: 10.37908/mkutbd.785095
- Diken, B., Kayışoğlu, B. (2020). A Research on The Determination of The Gasification Performance of Grass Pellets. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 24-36.
- EN 16127. (2012). Solid Biofuels. Determination of Length And Diameter Of Pellets.
- EN 14774-1. (2009). Solid Biofuels. Determination of Moisture Content. Oven Dry Method. Total Moisture. British Standards Institution, London
- EN 16127. (2012). Solid Biofuels—Determination of Length and Diameter of Pellets; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- Fasina, O.O., Sokhansanj, S. (1996). Storage And Handling Characteristics of Alfalfa Pellets. *Powder Handling and Processing*;8:361–5.
- Garcia, R., Pizarro, C., Lavín, A.G., Bueno, J.L. (2014). Spanish Biofuels Heating Value Estimation Part II: Proximate Analysis Data. *Fuel*, 117, 1139-1147.
- ISO 562. (2010). International Standarts, Hard Coal And Coke, Determination of Volatile Matter.
- Kaliyan, N., Morey, R.V. (2009). Factor Affecting Strength And Durability Of Densified Biomass Products. *Biomass and Bioenergy*, 33: 337-359.
- Karaosmanoğlu, F. (2006). Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ Araştırmaları. ENKÜS 2006- İTÜ Enerji Çalıştay ve Sergisi. s: 110-125. 22-23 Haziran, İstanbul, Türkiye.
- Liu, Z., Quek, A., Balasubramanian, R. (2014). Preparation And Characterization of Fuel Pellets From Woody Biomass, Agro-Residues And Their Corresponding Hydrochars. *Applied Energy*, 113: 1315-1322.
- Öztürk, H.H. (2012). Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 272 s.
- Özdemir, S., Er, A. (2018). Tavuk Gübresi ve Tarımsal Atıkların Biyoyakıt Karakterlerinin İncelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 489-494.
- Şenpınar A., Gençoğlu M.T., (2006). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri Açısından Karşılaştırılması Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları
- Şensöğüt, C., Yıldırım, Ö. S., Çınar, İ., Özdeniz, A. H. (2002). Bazi Yerli Kömürlerin Termogravimetrik Karakteristiklerine İstatistiksel Yaklaşım", *Türkiye 13 Kömür Kontesi Bildiriler Kitabı*, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak, Türkiye, s. 145-150.
- Tabil, L.G., Sokhansanj, S. (1996). Pcess Conditions Affecting The Physical Quality of Alfalfa Pellets. *Applied Engineering in Agriculture*, 12: 345-350.

- Thek, G. Obernberger, I. (2004) Wood Pellet Production Costs under Austrian and in Comparison to Swedish Framework Conditions. *Biomass and Bioenergy*, 27, 671-693.
- Tırs, Ç. (2014). Biyokütle Enerji İçerikleri ve Biyokütle Karakterizasyonu Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 2014 Kış Okulu
- TS ISO-1171. (2014). Tüm Katı Mineral Yakıtların Kül Miktarının Tayini Yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 711 ISO-562. (2002). Uçucu Maddenin Tayin Methodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, H. (2014). Bazı Tarımsal Artıkların Peletlenmesi ve Pelet Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği A.B.D.

Marjinal Arazi Koşulları ve Ekim Zamanının *Mentha × piperita*'nın Verim ve Kalitesine Etkileri


The Effects of Marginal Land Conditions and Planting Time on the Yield and Quality of *Mentha × piperita*


Amir SOLTANBEİĞİ^{1*}, Menşüre ÖZGÜVEN²

Öz

Marjinal arazi koşullarında yürütülen bu çalışmada 2 farklı ekim zamanının (sonbahar ve ilkbahar) Tıbbi Nane (*Mentha × piperita* L. var. Mitcham)'nin verim ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme Doğu Akdeniz'in Çukurova Bölgesinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek bitki boyu (43 cm), taze herba verimi (12763 kg ha⁻¹), kuru herba verimi (3407 kg ha⁻¹), kuru yaprak verimi (1976 kg ha⁻¹) ve uçucu yağ verimi (56.3 Lt ha⁻¹) ilkbahar ekimlerinde saptanmıştır. En yüksek uçucu yağ oranı 1. biçimlerde saptanarak, ekim zamanı açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Deneme genelinde en yüksek uçucu yağ oranı % 4.0 olarak saptanmıştır. Yıl bazında ilk biçimlere ait verim değerleri daha yüksek bulunarak, denemenin son hasadına doğru verimde düşüş izlenmiştir. Gaz kromatografisi analizi sonuçlarına göre, oksijenli monoterpenler, *M. × piperita* uçucu yağının (% 74.21-80.86) major kimyasal bileşen grubunu oluşturmuştur. En yüksek oksijenli monoterpenler, her iki ekim sezonunda da 1. biçimlerde saptanmıştır. Menthol (% 23.2-37.46) ve menthone (% 22.82-31.56) major bileşenler olarak belirlenmiştir. Menthol oranı sonbahar plantasyonunda daha yüksek bulunmakla birlikte, bu oran her yıl bir öncekine göre düşüş göstermiştir. Biçimler ilerledikçe menthone oranı da yükselmiştir. Menthone arttıkça, menthol'da düşüş gerçekleşmiştir. α-Pinene (% 2.33-5.61), limonene (% 0.63-4.13), 1,8-cineole (% 5.22-9.98), menthofuran (% 1.47-4.72), isomenthone (% 1.14-5.95), menthyl acetate (% 2.14-5.2) ve neomenthol (% 1.09-2.5) diğer önemli bileşenleri olarak tespit edilmiştir. Marjinal arazi şartlarında yetişen *M. × piperita*'ya ait tarımsal verim nispeten düşük olsa da kalite bakımından üstün bulunarak, standartlara uyumlu olmuştur. *M. × piperita* kültürü su sorunu olmayan marjinal arazilerde ekonomik açıdan uygundur.

Anahtar Kelimeler: Marjinal arazi, Menthol, Sonbahar, Tıbbi nane, Uçucu yağ, İlkbahar

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Amir SOLTANBEİĞİ, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye. E-mail: amir.soltanbeigi@afsu.edu.tr  ORCID: 0000-0002-8791-0482

²Menşüre ÖZGÜVEN, Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya, Türkiye. E-mail: mensure.ozguven@gidatarim.edu.tr  ORCID: 0000-0002-0489-4406.

Atıf/Citation: Soltanbeigi, A., Özgüven, M. Marjinal Arazi Koşulları ve Ekim Zamanının *Mentha × piperita*'nın Verim ve Kalitesine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 702-717.

*Bu çalışma Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

In this research, the effects of 2 different planting times (autumn and spring) on the yield and quality of peppermint (*Mentha × piperita* L. var. Mitcham) were investigated under marginal land conditions. The test was conducted in Çukurova region located in the Eastern Mediterranean by using a randomized complete block design with three replications. Based on the results, the highest plant height (43 cm), fresh herb yield (12763 kg ha⁻¹), dry herb yield (3407 kg ha⁻¹), dry leaf yield (1976 kg ha⁻¹) and essential oil yield (56.3 Lt ha⁻¹) was determined in spring planting. The maximum ratio of essential oil was found in the first cuttings (3.18%). The yield values were higher in the first cuttings on year basis. With increasing the number of cuttings, a gradual decrease was observed in yield components. As a result of the gas chromatography analysis, oxygenated monoterpenes constituted the major chemical component group of *M. × piperita* essential oil (74.21-80.86%). The highest oxygenated monoterpenes were specified in the 1st cuttings of both planting seasons. Menthol (23.2-37.46 %) and menthone (22.82-31.56 %) were identified as the major components. Menthol percentage was higher in spring planting, and this rate has decreased every year compared to the previous one. As the number of cuttings increased, menthone rate also enhanced. On the other hand, as the rates of menthone increased, there was a decrease in menthol rates. α -Pinene (2.33-5.61%), limonene (0.63-4.13%), 1,8-cineole (5.22-9.98%), menthofuran (1.47-4.72%), isomenthone (1.14-5.95%), menthyl acetate (2.14-5.2%) and neomenthol (1.09-2.5%) were determined as other important components. Although the agronomic yield obtained from marginal land conditions was relatively lower, it was found superior in terms of quality and has adapted to standards values. As a result, the cultivation of the *M. × piperita* is economically viable in marginal lands without irrigation problems.

Keywords: Essential oil, Fall, Marginal land, Menthol, Peppermint, Spring

1. Giriş

Tıbbi nane genel adıyla bilinen *Mentha × piperita* L., *Lamiaceae* familyasına ait Avrupa ve Orta Doğu'ya özgü melez, çok yıllık, otsu ve rizomatöz bir tür olarak, vejetatif yollarla üretilir (Capuzzo ve Maffei, 2016; Arrobas ve ark., 2018). Tıbbi nane dünya genelinde turuncuğil kabuklarından sonra en fazla uçucu yağı üretilen tür olmakla birlikte, içerdiği sekonder metabolitlerinden dolayı ekonomik değeri yüksek tıbbi, aromatik ve baharat bitkileri kategorisinde yer alır. *Mentha* türleri arasında en fazla kültürü yapılan tıbbi nanenin sağlık, ilaç, gıda, kozmetik gibi birçok sanayi alanında geniş kullanımı mevcuttur (Omidbeigi, 2013). Ayrıca, nane uçucu yağı ve diğer biyoaktif maddelerinden elde edilen ürünler bitkisel ve gıda kökenli hastalık etmenlerinin yanı sıra, tarım alanında hastalık ve zararlılara karşı mücadelede yer almaktadır (Aktepe ve ark., 2019; Umarusman ve ark., 2019). Bu türün toprak üstü aksamı uçucu yağ, fenolik bileşikler, flavonoidler, vitaminler, mineraller ve salisilik asit içerir (Rita ve Animesh, 2011). Nanenin en önemli biyoaktif maddesi, herba ve yapraklarından su buharı damıtma yoluyla elde edilen uçucu yağdır (Nair, 2001). Monoterpenler tıbbi nanenin en önemli bileşenlerini oluştururlar. Menthol (% 30-55), menthone (% 14-32) ve menthyl acetate (% 2.8-10) uçucu yağın ana bileşenleridir. Diğer bileşenler arasında limonene (% 1-5), pulegone (% 4'e kadar), menthofurane (% 1-9), isomenthone (% 1.5-10) ve carvone (% 1'e kadar) bulunur (Alankar, 2009; Rita ve Animesh, 2011). Tıbbi nanenin uçucu yağ kalitesini, yüksek menthol ve menthone oranı ve düşük pulegone ve menthofurane oranı belirler (Rios-Esteva ve ark., 2008).

Nüfus artışı ve kullanım alanının genişlemesi ile birlikte tıbbi nane uçucu yağı ve menthol başta olmak üzere, yan ürünlerine de talep artmaktadır. Böylece sezon dışı üretim (Upadhyay ve ark., 2014) ve alternatif arazileri kullanma gerekliliği gibi uygun üretim stratejilerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Ancak, tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesi için tahsis edilen üretim alanları, insanların besin zincirinde bulunan stratejik tarım ürünlerinin ekim alanları dışında, marjinal arazi özelliği taşıyan topraklardan seçilmelidir (Özguven ve ark., 2012). Marjinal araziler, erişilebilirliği güç, tarımsal faaliyetler bakımından yetersiz iklim şartları, yüksek çevresel riskler ve düşük verimliliğin olduğu ve kırılgan bir ekosistem ile tanınan fakir topraklardır (Kang ve ark., 2013). Bu nedenle, marjinal araziler, ekonomik olarak geleneksel tarım ürünleri üretimi için uygun olmayan, verimli ve çorak arazilerin arasında bir ara form olarak kabul edilebilir (SEEMLA, 2016). Nüfus artışı, iklim değişiklikleri ve üretim alanlarının azalmasıyla beraber, biyolojik ve ticarileştirilmiş organik üretim kabiliyetinden dolayı marjinal arazilerin önemi artmaktadır (FAO, 2008; Robertson ve ark., 2008). Öte yandan tıbbi ve aromatik bitkilerde herba verimi, sekonder metabolitlerin oranı ve kalitesi, genetik yapı başta olmak üzere, iklim koşulları (ışık, sıcaklık, yağış, sulama, toprak, yükseklik, yer vb.), çevre organizmaları, tarımsal teknikler, hasat zamanı ve hasat sonrası işlemlere bağlıdır (Soltanbeigi ve Sakartepe, 2020). Biyotik ve abiyotik streslere maruz kalan bitkiler, buna bağlı olarak sekonder metabolit biyosentezini artırır (Mammadov, 2014). Böylece, çevresel faktörlerin ve çeşitli streslerin stratejik ürünlerin yetiştirilmesini sınırladığı alanlarda, tıbbi bitkilerin kültürü ekonomik bakımdan üstünlük sağlar (Hanumanthappa ve ark., 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliğine tahsis edilen araziler, stratejik tarım ürünlerinin üretimine uygun verimli alanların kısıtlanmasına risk oluşturmamalıdır. Bu çalışmada, Akdeniz ikliminden etkilenen Çukurova bölgesinin marjinal arazi şartlarında farklı ekim zamanlarının *Mentha × piperita*'nın verim ve kalitesine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme Lokasyonu

Bu deneme 2011-2014 yetiştirme sezonlarında birbirini izleyen 3 yıl boyunca, Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma Çiftliği'nin marjinal arazi özelliğinde olan alanda (37°01'-N, 35°21'-W ve 35 m deniz seviyesinden yükseklikte) gerçekleştirilmiştir. Seçilen arazinin, marjinal olarak sınıflandırılmasının nedeni toprağın az verimli ve yoğun şekilde taş bulunmasıdır. Daha önce tahıl ekimi yapılan bu arazide, ekonomik verim elde edilmediğinden, zirai faaliyet yapılmamıştır. Sıcak ve kurak yazları ılıman yağışlı kışları ile tipik bir Akdeniz iklimini yansıtan Çukurova, Akdeniz bölgesinin doğusunda yer almaktadır. Deneme lokasyonuna ilişkin bazı meteorolojik veriler *Tablo 1*'de gösterilmiştir. Tarla, Seyhan Nehri'nin farklı boyutlar ve derinlikte çakıl yatakları içeren genç alüvyal topraktan oluşmuştur. Bu topraklarda, tüm profillerdeki kireç miktarı çok yüksektir ve organik

madde miktarı oldukça düşüktür (Çalışkan ve ark., 2019). 30 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları *Tablo 2*'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneme lokasyonuna ilişkin bazı meteorolojik veriler

Table 1. Some meteorological data for experimental area

	Sıcaklık (°C) / Temperature (°C)											
	Minimum				Maximum				Ortalama / Average			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Ocak / Jan.	6.4	5.2	6.2	7.2	15.7	12.8	15.1	18.1	10.1	9	10.7	12.7
Şubat / Feb.	6.7	4.3	8.2	7	17.3	15	18.2	19.3	10.9	9.7	13.2	13.2
Mart / Mar.	8.3	6.2	9.2	10.4	20.1	17.1	20.8	21.8	13.5	11.7	15	16.1
Nisan / Apr.	11.6	12.8	13.2	14.1	22.6	25.8	25.4	25.1	16.5	19.3	19.3	19.6
Mayıs / May	15.6	16.6	17.9	16.7	27.1	27	29.9	27.3	21.4	21.8	23.9	22
Haziran / June	20.5	21.2	20.8	19.8	30.6	32.3	31.5	30.9	25.6	26.8	26.2	25.4
Temmuz / July	24.3	24.2	24	25	33.4	34.1	34	33.2	28.6	29.2	29	29.1
Ağustos / Aug.	24.7	24.6	23.9	25.7	35.0	36	35.4	34.5	29.5	30.3	29.7	30.1
Eylül / Sep.	21.5	21.9	20.6	21.7	32.5	34.5	32.3	31.8	27.3	28.2	26.5	26.8
Ekim / Oct.	15.8	17.5	13.8	16.5	28.2	29.6	27.9	27.7	20.8	23.6	20.9	22.1
Kasım / Nov.	8.0	12.5	13.2	10.5	19.5	23.6	24.4	21.9	12.4	18.1	18.8	16.2
Aralık / Dec.	5.8	7.8	6.4	9.8	16.8	16.2	15.9	18.7	10.0	12	11.2	14.3
	Yağış (mm) / Rain (mm)				Nisbi nem (%) / Relative humidity (%)				Güneşlenme (h) / Insolation (h)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Ocak / Jan.	76.5	262	64.2	35.7	63.7	72.7	64.9	70	4.5	4	4.2	5.3
Şubat / Feb.	92.4	122.9	55.7	36.5	62.3	58.6	71.8	63.1	5.8	6.1	5.4	6.8
Mart / Mar.	107	57.9	54.3	47.7	64.6	56.1	57.8	62.5	6.3	5.5	6.9	7.2
Nisan / Apr.	78.3	21.4	100.2	22.1	66.6	63.4	63.3	64.9	8.1	8.2	7.1	8.1
Mayıs / May	105.6	79.9	61.5	34.9	64.1	67.3	64.4	66.2	8.5	8.2	9.3	7.8
Haziran / June	49.4	17.1	0.9	89.8	66.2	60	59.6	66.6	9.9	9.8	10.7	10.4
Temmuz / July	0	14	0	3.5	67.2	52.8	64	70.3	9.6	8.4	10.9	9.6
Ağustos / Aug.	0	0.1	19.8	0.2	62.9	56.9	67.3	70.6	9.5	9.7	11.2	9.1
Eylül / Sep.	4.1	0	31.9	95.4	60.4	59	59.1	63.3	8.8	10.3	9.2	8.6
Ekim / Oct.	5.8	63.4	40.1	54.9	47.9	61.2	49.9	64.3	7.98	6.6	8.6	7.7
Kasım / Nov.	44.1	128.3	6.1	66.5	53.8	66.9	61.4	59.1	6.31	6	6.2	6.3
Aralık / Dec.	156.4	298.4	21.5	106.4	66.4	76.1	49	72.8	4.03	3.8	4.9	4.3
Toplam / Total	719.6	1065.4	456.2	593.6								

Turkish State Meteorological Service

Tablo 2. Deneme tarlasının toprağına ait bazı fiziko-kimyasal özellikler (30 cm derinlik)

Table 2. Some physico-chemical properties of the experimental field soil (at 30 cm depth)

Yapı / Texture			O.M. (%)	pH	E.C. (mmhos cm ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	N (%)	P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹	K ₂ O mg 100 g ⁻¹	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
Kum Sand (%)	Silt (%)	Kıl Clay (%)											
55.4	23.8	20.8	0.64	7.68	0.51	32.4	0.21	11.2	24.6	3.6	6.4	2.7	0.85

2.2. Bitki Materyali, Uygulama ve Deneme Deseni

Bu çalışmada tıbbi nane (*Mentha × piperita* L. var Mitcham)'nin rizomları bitki materyali olarak kullanılmıştır. Rizomlar 3 yıllık anaç tıbbi nane tarlasından temin edilmiştir. Sonbahar ve ilkbahar ekimlerine ilişkin önceden sürme (30 cm derinlikte), düzleme ve parselizasyon gibi tarla hazırlığı işlemleri yapılmış olup, 29 Kasım 2011 ve 10 Mayıs 2012 tarihlerinde 15-20 cm'lik rizom parçaları uç uca ve 10 cm derinliğe dizilip üstü kapatılmıştır. Ekimle beraber toprak analizi raporuna göre (*Tablo 2*) 80 kg ha⁻¹ N ve 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ sıralara 10 cm mesafe ile 5 cm derinliğe uygulanmıştır ve ardından sulama yapılmıştır. İkinci biçimden sonra tekrar 40 kg ha⁻¹ N parsellere uygulanmıştır. Gübreleme işlemi benzer şekilde 2. ve 3. deneme yıllarında da tekrarlanmıştır. Parsel boyutları 5.1 × 3 m (15.3 m²) olup, sıra aralıkları 50 cm tutulmuştur. Deneme deseni, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak ayarlanmıştır. Bitkilerin su ihtiyacına göre deneme süresince sulama işlemi düzenli olarak yağmurlama sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

2.3. Biçim ve Kayıtlar

Biçimler çiçeklenme başlangıcında gerçekleştirilmiştir (*Tablo 3*). Biçim öncesi her parselin ortalarından rastgele 10 bitki seçilip, boyları ölçülmüştür. Daha sonra ilgili parsellerin 50 cm çevre bitkileri kenar tesir olarak göz ardı edilip tüm parsel 5-8 cm toprak seviyesinden bağ makası ile biçilerek taze herba verimi kaydedilmiştir.

Taze herba verimini belirlemek amacıyla her uygulamayı temsil edecek belli miktarda bitki ayrılıp, kabin tipi kurutma dolabında 37 °C'de 72 saat süre ile kurutulmuştur. Yaprak ve sap ağırlıklarını tespit etmek için her uygulamadan örnekler alınıp, yaprak ve sapsarı ayrılarak tartılmıştır. Ayrılan yaprak ve sapsarı kabin tipi kurutma dolabında 37 °C'de 72 saat süre ile kurutulmuş ve kuru değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 3. Ekim zamanlarına göre biçim tarihleri
Table 3. Cuttings dates according to planting times

Ekim zamanı <i>Planting time</i>	Sene Year	Biçim Tarihi / <i>Cutting dates</i>	
		1. Biçim / 1 st Cutting	2. Biçim / 2 nd Cutting
Sonbahar / <i>Fall</i>	1. Sene	23 Temmuz / <i>July</i> 2012	14 Kasım / <i>Nov.</i> 2012
İlkbahar / <i>Spring</i>	1 st Year	06 Ağustos / <i>Aug.</i> 2012	14 Kasım / <i>Nov.</i> 2012
Sonbahar / <i>Fall</i>	2. Sene	10 Temmuz / <i>July</i> 2013	30 Eylül / <i>Sep.</i> 2013
İlkbahar / <i>Spring</i>	2 nd Year	10 Temmuz / <i>July</i> 2013	30 Eylül / <i>Sep.</i> 2013
Sonbahar / <i>Fall</i>	3. Sene	2 Temmuz / <i>July</i> 2014	15 Eylül / <i>Sep.</i> 2014
İlkbahar / <i>Spring</i>	3 rd Year	2 Temmuz / <i>July</i> 2014	15 Eylül / <i>Sep.</i> 2014

2.4. Uçucu Yağ İzolasyonu

Elde edilen kuru yapraklar su distilasyonu yöntemi ile neo-Clevenger cihazında volumetrik olarak saptanmıştır. İlgili örneklerden alınan 30 g kuru yaprak, 300 ml saf su ile birlikte 1 L'lik cam balonlarda 180 dk distilasyona tabii tutulmuş, sonuçlar yüzde olarak belirlenmiştir. Elde edilen uçucu yağlar anhidrus sodyum sülfat ile dehidrate edilip, kromatografik analizlere kadar +4 °C'de amber viallerde saklanmıştır.

2.5. GC-MS Analizler

Uçucu yağların kimyasal bileşenlerini belirlemek için alev iyonlaşma detektörü (FID) entegreli gaz kromatografi (GC) sistemi (Agilent Technologies, 7890B) ve kütle spektrometresi detektörü (MSD) (Agilent Technologies, 5977A) kullanılmıştır. Bileşiklerin ayrıştırılması için HP-Innowax (Agilent 19091N-116: 60 m × 0.320 mm iç çap ve 0.25 µm film kalınlığı) polar kolon GC'ye bağlanmıştır. Helyum (% 99.999) taşıyıcı gaz 1.3 mL dk⁻¹ akış hızıyla, enjeksiyon hacmi 1 µl ile (20 µL uçucu yağ, 1 mL n-Hekzan'da seyrelmiş) ve çözücü gecikme süresi 8.20 dakika olacak şekilde analiz koşulları oluşturulmuştur. Enjeksiyon, split modunda (40: 1) gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyonla birlikte fırın programı 70 °C'de 5 dk bekleme süresi ile başlatılmıştır. Bu sıcaklık 3 °C dk⁻¹ artışla 160 °C'ye yükseltilip, 5 dk bekletilmiştir. Son aşamada, sıcaklık 6 °C dk⁻¹ artışla 250 °C'ye ulaşmış, 5 dk bekletilerek, sonlandırılmıştır. Detektör, enjektör ve iyon kaynağı sıcaklıkları sırasıyla 270 °C, 250 °C ve 230 °C olarak ayarlanmıştır. MS için tarama aralığı (m z⁻¹) 50-550 atomik kütle ünitesi (AMU) ve elektron bombardımanı (EI) iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır.

Alıkonma indeksleri (RI), C₇-C₃₀ n-alkanların (Sigma-Aldrich) GC/FID sistemine (Agilent Technologies, 7890B) eşit koşullarda enjekte edilerek belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması, alıkonma indeksleri, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST) bilgisayar kütüphanesi veri tabanı, Wiley kütüphaneleri, diğer yayınlanmış kütle spektrum verileri (Adams, 2017) ve mevcut veri tabanımızın karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Relatif bolluk (relative abundance / % alan), her bileşiğin pik alanı ile tüm bileşiklerin alanlarının toplamı arasındaki orana dayalı olarak elde edilmiştir. Analizlerde yanıt faktörü hesaplanmamıştır.

2.6. İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler MSTAT-C bilgisayar yazılım programı kullanılarak biçim faktörü etkisi ile zamanda bölünmüş parseller deneme desenine göre analiz edilmiştir. Uygulamaların ortalamaları 0.05 olasılık düzeyinde En Küçük Güvenilir Fark (EGF/LSD) yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ekim zamanı ve biçimler arasındaki parametrelerin varyasyonlarını belirlemek için numuneler üzerinde varyans analizi yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bitki Boyu

Bitki boyu bakımından ekim zamanları arasında önemli fark ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, ilkbahar ekimleri daha yüksek bitki boyuna ulaşmıştır. Deneme süresince 3 senede toplam 6 biçim yapılmış olup, bitki boyu faktöründe biçimler arası fark önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Böylece, 1. senenin 1. biçimi en fazla bitki boyu ortalamasına sahip olmuştur. Her sene yapılan hasatların ilk biçimleri daha uzun bitkiler üretmiştir. Ancak, her sene bitki boylarında önemli düzeyde düşüşler görülmüştür. En düşük bitki boyu ise son biçimde saptanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. *M. × piperita*'da ekim zamanı ve farklı biçimlerin incelenen verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi

Table 4. The effect planting time and various cuttings on the examined yield and quality characteristics in *M. × piperita*

Uygulamalar Treatments	Bitki Boyu Plant Height (cm)	Taze Herba Verimi Fresh Herb Weigh (kg ha ⁻¹) ^t	Kuru Herba Verimi Dry Herb Weight (kg ha ⁻¹)	Kuru Yaprak Verimi Dry Leaf Weight (kg ha ⁻¹)	Yaprak:Sap Oranı Leaf:Stem Ratio	Uçucu Yağ Oranı Essential Oil Ratio (%)	Uçucu Yağ Verimi Essential Oil Yield (L ha ⁻¹)
Ekim zamanı / Planting time							
Sonbahar (S) / Fall	36.5 b	8345.2 b	2442.3 b	1505.6 b	1.76	2.37	36.34 b
İlkbahar (İ) / Spring	43.1 a	12763.8 a	3407.7 a	1976.0 a	1.55	2.75	56.30 a
Biçim / Cutting							
1. Biç. (1. Sene) / 1 st Cut.	76.2 a	16364.7 a	3799.2 a	2046.3 b	1.22c	3.18 a	65.74 a
2. Biç. (1. Sene) / 2 nd Cut.	37.0 c	11968.7 b	3608.8 a	1784.3 c	1.00 c	2.17 b	51.00 b
3. Biç. (2. Sene) / 3 rd Cut.	44.2 b	13416.4 b	3666.1 a	2499.9 a	2.36 a	2.88 b	71.36 a
4. Biç. (2. Sene) / 4 th Cut.	30.1 d	8981.2 c	2593.2 b	1593.5 cd	1.68 b	2.35 c	37.20 c
5. Biç. (3. Sene) / 5 th Cut.	26.4 d	7285.6 cd	2190.7 c	1427.1 d	1.82 b	2.15 cd	30.01 cd
6. Biç. (3. Sene) / 6 th Cut.	24.8 d	5310.3 d	1692.1 d	1093.6 e	1.87 b	2.08 d	22.60 d
EGF(% ₅) / LSD(% ₅)	5.501	2096.0	356.1	203.8	0.3047	0.2555	15.49
Ekim zamanı × Biçim / Planting time × Cutting							
S × 1. B	75.1	11282.2 c	3503.8 c	2031.1 bc	1.40 cd	2.35 d	48.28 cd
S × 2. B	32.6	9383.0 cd	2843.1 d	1493.7 eg	1.10 de	2.17 d	33.25 ef
S × 3. B	43.0	9461.7 cd	2517.5 de	1859.6 bd	2.81 a	2.97 bc	54.71 c
S × 4. B	25.2	8234.2 de	2305.2 eg	1414.8 fh	1.64 bc	2.37 d	33.23 ef
S × 5. B	21.7	6800.8 df	1950.2 fh	1228.4 gi	1.71 bc	2.56 d	27.66 f
S × 6. B	21.3	4909.1 f	1534.3 h	1005.8 i	1.91 b	2.08 d	20.92 f
İ × 1. B	77.3	21447.2 a	4094.6 b	2061.5 b	1.04 de	4.00 a	83.19 a
İ × 2. B	41.3	14554.4 b	4374.5 ab	2075.0 b	0.90 e	3.30 b	68.76 b
İ × 3. B	45.3	17371.2 b	4814.7 a	3140.2 a	1.91 b	2.79 c	88.01 a
İ × 4. B	35.0	9728.2 cd	2881.3 d	1772.2 ce	1.72 bc	2.33 d	41.17 de
İ × 5. B	31.0	7770.4 df	2431.2 df	1625.7 df	1.92 b	2.03 d	32.36 ef
İ × 6. B	28.4	5711.4 ef	1849.9 gh	1181.3 hi	1.83 b	2.07 d	24.29 f
EGF(% ₅) / LSD(% ₅)	-	2964.0	503.6	288.2	0.4309	0.3613	12.65
D.K. ^b / C.V. (%)	11.49	16.49	10.11	9.72	15.22	8.33	16.04

Küçük harfler ile işaretlenmeyen ortalamalar, EGF(%₅) analizine göre anlamlı bulunmamıştır.

^a ve ^b sırası ile En Küçük Güvenilir Fark ve Varyasyon Katsayısı

Ekim zamanı itibariyle sonbahar ekimi uzun süre büyüme ve gelişme dönemine sahip olmasına karşın, ilkbahar ekimi daha yüksek bitki boyuna ulaşmıştır. Bu çalışmanın çoğaltma materyalini oluşturan tıbbi nane rizomları sonbahar ekiminin plantasyonu için sezon sonunda elde edilmiş olup, toprakla buluştuğunda soğuk aylara maruz kalmıştır. Bu durumda muhtemelen rizomlar zayıf olmakla beraber düşük sıcaklıklardan olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca, rizomlar kış aylarında durgunluk evresine uğradığından kendi besin kaynaklarını önemli oranda tüketmiş, havaların ısınması ile tekrar gelişim fazına geçmek için de belli bir zaman kaybı yaşamıştır. Bu durumun aksine ilkbaharda elde edilen rizomlar gelişme sürecinde olup, yeni plantasyonda zaman kaybetmeden büyüme ve filizlenmeye devam etmiştir. Yıl bazında ilk biçimlerin daha uzun boylu olması ilkbahar yağışlarının ve nisbi nem oranının yüksek olmasının yanında, daha uzun vejetasyon periyodundan kaynaklanmış olabilir (Tuğay ve ark. 2000; Telci, 2001; Yeşil ve ark. 2018). Bununla birlikte, marjinal arazi koşulları ve bitkilerin yaşlanması gibi faktörler, zamanla bitki boyunu kısaltmıştır. Bu çalışmada bulunan sonuçlar çeşitli bilimsel araştırma sonuçları ile uyum içerisindedir (Mansoori, 2014; Joshi ve ark. 2018).

3.2. Taze Herba Verimi

Tablo 4 incelendiğinde, taze herba verimi açısından ekim zamanı ($p<0.05$), biçimler ($p<0.01$) ve bu iki ana faktörün etkisi ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Taze herba verimine ait ortalama değerler incelendiğinde; ilkbahar ekiminin daha yüksek ağırlığa ulaşmıştır ve sonbahar ekimlerinden % 35 daha fazla taze bitki üretmiştir. Birinci seneye ait ilk biçim en yüksek taze herba verimine sahip olmuştur. 3. ve 2. biçimler aynı istatistiksel grupta yer alarak sırasıyla 1. biçimi takip etmişlerdir. En son sıralarda ise 4., 5. ve 6. biçimler yer almıştır. Sene bazında ilk biçimlerin verimi daha yüksek olmuştur. Ekim zamanı ve biçim etkisi bakımından ilkbahar ekiminin 1. biçimi daha yüksek taze herba verimine ulaşmıştır. Sonbahar ekiminin 6. biçimi de en düşük değere sahip olmuştur. İki ana faktörün sonuçlarına bakıldığında, etkileri açıklanabilmektedir (*Tablo 4*).

Nane plantasyonu ile ilgili sonbahar-kışık ekimleri verimlilik açısından daha uygun olarak tavsiye edilmiştir (Özel ve Özgüven, 1999; Ebrahim Ghochi ve ark., 2017). Fakat, ilkbahar bitkilerinin daha verimli olduğuna dair de kayıtlar bulunmaktadır (Davazdahemami ve ark., 2008; Omidbeigi, 2013). Ancak, rizomla çoğaltılan bu denemede ilkbahar ekimleri daha yüksek herba verimine sahip olmuştur. Bu durum, tür, iklim, çoğaltma teknikleri, zirai işlemler gibi farklı faktörlerden kaynaklanabilir. Bitki boyu konusunda da belirtildiği gibi kış aylarına doğru rizomla kurulan plantasyon, ilkbahar ekimine kıyasla seyrek ve zayıf olmuştur. Başlangıçta sonbahar ekimlerinde zayıf gelişen bitkilerin durumu muhtemelen bir sonraki sezonlara da yansımıştır ve genel olarak sonbahar ekimlerinin verimi düşük olmuştur. Sene bazında ilk biçimlerin yüksek verime sahip olması, daha uzun gelişme periyodunun yanında, büyük ölçüde kış ve ilkbahar yağışları ile yüksek nisbi nem oranı ve gün uzunluğuna bağlı güneş ışınından yeterli faydalanmasından kaynaklanmış olabilir. Deneme boyunca verimin sürekli düşmesi ise toprağın tarımsal verimliliğinin azalması, besin elementlerinin tükenmesi ve bitkilerin fizyolojik yaşlanmasıyla ilişkili olabilir. Öte yandan denemenin kurulduğu marjinal arazi koşulları da bu komplikasyonların şiddetini ve hızını arttırmıştır. Özel ve Özgüven (1999), sonbaharda (Ekim ve Kasım) çelikle kurulan plantasyonların taze herba veriminin, ilkbahar bitkilerine kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar 3 farklı *M. × piperita* çeşit ve popülasyonunda ortalama en yüksek ve en düşük taze verimi sırasıyla 38750 ve 20420 kg ha⁻¹ bulmuşlardır. Ayrıca, *Mentha × piperita* L. var *Mitcham*'da 2. yetiştirme sezonunda taze verim kaybı görülmüştür. Fejér ve ark., (2017), *M. × piperita* üzerine 3 yıl süren denemede, yıllar bazında ilk biçimlere ait taze herba veriminin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. İlk biçimlerin daha yüksek verime sahip olduğu benzer çalışmalarla da desteklenmiştir (Yeşil ve ark. 2018; Ostadi ve ark., 2020). İkinci biçimlerde azalan fotoperiyotla beraber sıcaklık, ışık kalitesi ve gece-gündüz sıcaklık farkı bitkilerin vejetatif gelişiminin yavaşlamasına ve buna bağlı verimin düşmesine neden olabilir (Yılmaz, 2018).

3.3. Kuru Herba Verimi

Denemeye ait kuru herba verimi ile ilgili sonuçlar *Tablo 4*'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre ekim zamanı, biçim ve ekim zamanı × biçim etkisi bakımından ortalama değerleri % 1 düzeyinde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. İlkbahar ekimlerinin kuru herba verimi sonbahar ekimlerine göre daha fazla olmuştur. Yıl bazında ilk biçimler daha yüksek kuru herba verimine sahip olmakla beraber, bu değerlerde sürekli bir düşüş izlenmiştir. En yüksek ve en düşük kuru herba verimleri sıra ile ilk ve son biçimde saptanmıştır. Ekim zamanı × biçim etkisi bakımından, en yüksek kuru herba verimi ilkbahar ekimlerinin 3. biçiminde elde edilmiştir. En düşük değer ise sonbahar ekimlerinin 3. biçimine ait olmuştur. Bitkinin kuru herba değerleri taze herba verimine tabidir ve oransal olarak taze herba verimini takip eder. Ancak, zirai uygulamalar ve yetiştirme koşulları başta olmak üzere bitkilerin genetik yapısı ve bölgenin ekolojik özellikleri gibi bazı faktörlerin de kuru herba verimi üzerinde oldukça önemli etkileri vardır (Alkire ve Simon, 1996; Özgüven ve Kırıcı, 1999; Tuğay ve ark., 2000; Telci ve ark., 2015). *M. × piperita*'da ilk biçimlerden alınan kuru herba veriminin uzun yetiştirme süresine bağlı olarak 2. biçimlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Izadi ve ark., 2010; Kassahun ve ark., 2011).

3.4. Kuru Yaprak Verimi

Ekim zamanı ($p<0.05$), biçim ($p<0.01$) ve ekim zamanı × biçim etkisi bakımından ($p<0.01$) kuru yaprak verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*Tablo 4*). Sonuçlara göre ilkbaharda bitkiler yaklaşık % 24 oranında daha yüksek kuru yaprak verimine ulaşmıştır. Her ne kadar yıl bazında ilk biçimler daha fazla kuru yaprak verimine sahip olsalar da ilk biçimden sonra doğru düşüş eğimi izlenmemiştir. En fazla kuru yaprak verimi

2. senenin 1. biçiminde tespit edilmiştir. İki ana faktörün interaksiyon sonuçlarına göre en yüksek kuru yaprak verimi, kuru herba veriminde saptandığı gibi, ilkbahar bitkilerinin 3. biçiminde görülmüştür.

Taze ve kuru herba verimlerinde açıklandığı gibi, kuru yaprak verimi ilkbahar ekimleri ve sene bazında ilk biçimlerde yüksek çıkmıştır. Maksimum kuru yaprak veriminin 2. senenin 1. biçiminde görülmesinin nedeni muhtemelen bitkilerin 2. senenin başında besin kaynaklarından daha etkin yararlanması ve fazla dal üretmesi neticesinde yaprak sayısının artmasından ortaya çıkmıştır. Bitkilerde ikinci yıl toprak altı organlarda daha fazla besin maddesinin depolanması, bitkilerin hızlı ve daha gür gelişmesine neden olmaktadır (Duriyaprapan ve ark., 1986, Singh ve ark., 1995). İlk biçimlerde uzun günlere bağlı olarak güneşlenme süresinin artması, bitkinin gelişimini olumlu yönde etkileyerek, yaprak alanını ve kuru madde birikimini artırır. Güneşlenme süresi veya ışık şiddetinin artması ile kuru herba ve kuru yaprak veriminin yükseldiği bildirilmiştir (Fernandes ve ark., 2013). Yılmaz (2018), *M. × piperita* L. türüne ait farklı klon ve çeşitlerde 2. sene kuru yaprak veriminin arttığını ve ilk biçimlerde daha yüksek verime ulaştığını bildirmiştir. Yeşil ve ark. (2018), benzer sonuçlar kaydetmişlerdir.

3.5. Yaprak:Sap Oranı

Biçim ($p<0.01$) ve ekim zamanı \times biçim interaksiyonunun ($p<0.05$) yaprak:sap oranı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Sonuçlara göre kuru yaprak veriminde olduğu gibi en fazla yaprak:sap oranı 3. biçimde saptanmıştır. 4., 5. ve 6. biçimler istatistiksel olarak aynı grupta yer alarak, ikinci sırada yer almışlardır. En düşük yaprak:sap oranı ise 1. ve 2. biçimlerde izlenmiştir. Ekim zamanı \times biçim interaksiyonunun en yüksek yaprak:sap oranı sonbahar bitkilerinin 3. biçiminde saptanmıştır. Yaprak:sap oranı, fotosentetik asimilatlar üretimi açısından bitkilerin önemli büyüme endekslerinden biridir. Bu parametre büyük ölçüde kuru yaprak verimini etkileyebilecek tarımsal uygulamalar, iklim, genetik yapı ve bitkinin yaşı gibi faktörlerden etkilenir (Koochehi ve Sabet Teimouri, 2011). Yaprak:sap oranının yüksek olması, nane bitkisinin ekonomik organı olan yaprakların iyi verime ulaştığını göstermektedir. Ancak, olumlu yorumlanması için bitkilerin optimal verimliliğe ulaşması gerekir. Sonuçlara göre 2. senede ve bitkinin istikrarı ile birlikte yaprak sap oranı artış göstermiştir. Daha önce de tartışıldığı gibi bitkinin gelişimi ile birlikte, yaprak sayısının artması beklenir. Bu artış yaprak:sap oranında da artışa neden olur. Öte yandan kuru yaprak ağırlığındaki artış, yaprakta kuru madde oranının artışının göstergesidir. Yaprakların kuru ağırlık eğrisi sigmoidaldır ve normal şartlarda zamanla yaprak gelişimi ve büyümesi devam eder. Ancak, yetiştirme mevsiminin sonuna doğru yaşlanma ve defoliyasyon sebebiyle düşüşler izlenir (Azarpour ve ark., 2012). Bu yüzden hasat döneminin de yaprak:sap oranı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

3.6. Uçucu Yağ Oranı

Biçim ($p<0.01$) ve ekim zamanı \times biçim interaksiyonunun ($p<0.01$) uçucu yağ oranı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). İlkbahar bitkileri daha fazla uçucu yağ oranına sahip olmuştur, fakat bu üstünlük istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Herba ve yaprak veriminde görüldüğü gibi denemenin her 3 senesinde de ilk biçimler daha yüksek oranlara ulaşmıştır. En fazla uçucu yağ biyosentezi 1. biçimde izlenmiştir. Sonuçlara göre, uçucu yağ oranlarında her sene düşüş görülmüştür. Ekim zamanı \times biçim interaksiyonunda ise en fazla uçucu yağ oranı ilkbahar bitkilerinin 1. biçiminde bulunmuştur. Ekim zamanı \times biçim interaksiyonu sonuçları incelendiğinde, uçucu yağ oranı bakımından ilkbahar ekimi üstünlük sağlamıştır. Tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağlar gibi sekonder metabolitlerin üretimi ve kalitesi, genetik yapı, iklim koşulları (ışık, sıcaklık, yağış, sulama, toprak, yükseklik, yer vb.), çevre mikro ve makro organizmaları, uygulanan tarımsal teknikler, hasat zamanı ve üretim sonrası işlemlere bağlıdır (Soltanbeigi ve Sakartepe, 2020). Bu faktörlerle birlikte, *M. × piperita* uçucu yağ oranı önemli ölçüde salgı tüylerinin büyüklüğü ve monoterpenlerin biyosentez hızından etkilenir. Salgı tüyleri kendi gelişme dönemlerinde farklı çevresel koşullar altında aynı davranışı sergiler. Sonuç olarak uçucu yağ oranının da salgı tüylerinin büyüklüğü ve sayısı ile yüksek bir korelasyona sahip olduğu bildirilmiştir (Rios-Esteva ve ark., 2008; Rios-Esteva ve ark., 2010). Bu bilgilere dayanarak, ilkbahar ile sonbahar ekimlerinden elde edilen uçucu yağ oranında önemli bir fark görülmemesi, genetik yapının diğer faktörlere karşı daha baskın olduğu ile açıklanabilmektedir. Uçucu yağ biyosentezi uzun günlerde ve şiddetli ışıklarda artış gösterir (Chang ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2013). İlk biçimlerin uzun vejetasyon süresine sahip olması, besin kaynaklarından daha fazla yararlanması anlamına gelmekte olup, uçucu yağ miktarının da artması beklenir. İzadi ve ark., (2010) ve Yılmaz (2018) sıra ile İran ve Türkiye’de *M. × piperita* üzerine yaptıkları araştırmalarda, ilk biçimlerde elde edilen uçucu yağ oranının ikinci biçimlere göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlar çalışmada elde edilen

bulguları desteklemektedir. Ayrıca, *M. × piperita* uçucu yağ oranı üzerinde farklı besin maddelerinin olumlu etkileri tespit edilmiş olup (Zheljazkov ve ark., 2010), kurutma yöntemi, süresi ve sıcaklığı da uçucu yağ oranını önemli derecede etkilemektedir (Beigi ve ark., 2018). Kurutulmuş ve taze *M. × piperita* yapraklarından elde edilen uçucu yağ oranı sırasıyla % 3.2 ve % 2.9 olarak belirlenmiştir (Ayran ve ark., 2018). Özel ve Özgüven (1999), *M. × piperita* L. var Mitcham'da ilkbahar ekimlerinin uçucu yağ oranını sonbahar ekimlerine göre kısmen daha yüksek bulmuşlardır. Bu sonuç elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Özgüven ve Kırıcı (1999), Çukurova bölgesinin iki farklı lokasyonunda (Adana ve Pozantı) yürüttükleri denemede, *M. × piperita* L. var Mitcham'da uçucu yağ oranını % 2.48-4.99 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmanın Adana lokasyonuna ait minimum ve maksimum uçucu yağ oranı sıra ile % 2.93 ve % 4.99 olarak saptanmıştır. Verimli tarım arazisinde kurulan bu çalışmaya ait en yüksek oran 2. senenin 1. biçiminde tespit edilmiştir. Genel olarak bu değerler bu çalışmanın bulgularından daha yüksektir. Bu durumun marjinal arazi koşullarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

3.7. Uçucu Yağ Verimi

Ekim zamanı ($p < 0.05$), biçim ($p < 0.01$) ve ekim zamanı \times biçim interaksyonunun ($p < 0.01$) uçucu yağ verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Sonuçlara göre, en yüksek uçucu yağ verimi ilkbahar bitkilerinden elde edilmiştir. Biçimler bakımından en yüksek uçucu yağ verimi 3. biçimde (2. senenin 1. biçimi) saptanmıştır. Diğer parametrelerde de olduğu gibi yıl bazında ilk biçimler üstünlük göstermiştir ve sezonlar geçtikçe toplam uçucu yağ veriminde düşüş izlenmiştir. Ekim zamanı \times biçim interaksyonuna göre en yüksek verim ilkbahar bitkilerinin 3. biçiminde saptanmıştır. En düşük verim ise sonbahar bitkilerinin 6. biçiminde görülmüştür. Nandede daha fazla uçucu yağ oranı ile birlikte uçucu yağ veriminin de yüksek olması istenilen bir özelliktir. Uçucu yağ verimi kuru yaprak verimi ile uçucu yağ oranı üzerinden hesaplandığından bu özellikler üzerinde etkili olan faktörler uçucu yağ verimi üzerinde de önemli etkilerde bulunmaktadır (Sharma ve ark., 1992; Telci, 2001). Sonuç olarak, uçucu yağ verimi doğrudan kuru yaprak verimi ve uçucu yağ oranına bağlıdır. Özgüven ve Kırıcı (1999), Adana'da yürüttükleri çalışmada *M. × piperita* L. var Mitcham'ın uçucu yağ verimini 2 yıl ve 3 biçimde sıra ile 30.2 L ha^{-1} (1. biçim), 55.9 L ha^{-1} (2. biçim), ve 23.5 L ha^{-1} (2. yıl 3. biçim) olarak bildirmişlerdir. Üç biçim alınan bu çalışmanın toplam yağ verimi 109.6 L ha^{-1} olmuştur. Özel ve Özgüven (1999), *M. × piperita* L. var Mitcham'da sonbahar ekimlerinin uçucu yağ oranını ilkbahar ekimlerine kıyasla daha yüksek bularak birinci yılda ortalama 124.6 L ha^{-1} ve ikinci yılda ise 91.0 L ha^{-1} uçucu yağ verimi almışlardır.

3.8. Uçucu Yağ Bileşenleri

GC-MS analizleri sonucu toplam 45 kimyasal bileşen tanımlanmıştır (Tablo 5). Bu sonuçlara göre menthol (% 23.2-37.46) ve menthone (% 22.82-31.56) major bileşenler olarak belirlenmiştir. En yüksek menthol oranı sonbahar ekiminin 1. biçiminde saptanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi sonbahar bitkilerinde sentezlenen menthol oranı, ilkbahar bitkilerine kıyasla yüksek bulunmuştur. Deneme süresince, menthol oranı her yıl bir öncesine göre düşüş göstererek, en yüksek ve en düşük oranlar sıra ile her iki ekim zamanının ilk ve son biçimlerinde izlenmiştir. Her iki ekim zamanının 2. senesinin dışında ilk biçimler daha yüksek menthol oranına sahip olmuştur. En yüksek Menthol oranı ilkbahar ekiminin 5. biçiminde tespit edilmiştir (Tablo 5). Sonbahar ve ilkbahar ekimlerinde menthone oranı bakımından, bariz bir fark bulunmamakla birlikte, menthol oranının tam tersi şekilde yıl geçtikçe menthone oranlarında da artış gerçekleşmiştir. Menthol oranlarında izlendiği gibi ilkbahar bitkilerinin 1. senesi hariç, ilk biçimler daha yüksek menthone oranına sahip olmuştur. İkinci biçimler serin aylarda gerçekleşmiştir. Menthone düşük sıcaklıklar sonucu menthol ve esterlerine dönüşebilmektedir (Murray ve ark., 1988).

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, menthol ve menthone oranları arasında ters ilişki görülmüştür. Menthone oranı arttıkça, menthol oranı düşüş göstermiştir (Şekil 1). α -Pinene (% 2.33-5.61), β -pinene (% 0.78-1.88), sabinene (% 0.5-2.72), limonene (% 1.2-4.1), 1,8-cineole (% 5.22-9.98), menthofuran (% 1.47-4.72), isomenthone (% 1.14-5.95), menthyl acetate (% 2.14-5.2), neomenthol (% 1.09-2.5), caryophyllene (% 0-2.67), α -terpineole (% 0.4-1.53) ve germacrene D (% 0.66-2.73) *M. × piperita* türünün sonbahar ve ilkbahar ekimlerine ait 6 farklı biçimden elde edilen uçucu yağların diğer önemli bileşenleri olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. *M. × piperita*'da ekim zamanı ve farklı biçimlerin uçucu yağ bileşenlerine etkisi
Table 5. The effect of planting time and various cuttings on essential oil components in *M. × piperita*

RI*	Bileşenler Compounds (%)	Sonbahar Ekim Zamanı / Fall						İlkbahar Ekim Zamanı / Spring					
		1. Sene / 1 st Year		2. Sene / 2 nd Year		3. Sene / 3 rd Year		1. Sene / 1 st Year		2. Sene / 2 nd Year		3. Sene / 3 rd Year	
		1. Biçim 1 st Cut.	2. Biçim 2 nd Cut.	3. Biçim 3 rd Cut.	4. Biçim 4 th Cut.	5. Biçim 5 th Cut.	6. Biçim 6 th Cut.	1. Biçim 1 st Cut.	2. Biçim 2 nd Cut.	3. Biçim 3 rd Cut.	4. Biçim 4 th Cut.	5. Biçim 5 th Cut.	6. Biçim 6 th Cut.
103 1	α-Pinen	2.82	5.61	2.42	4.44	3.38	4.06	2.37	4.66	3.2	3.42	2.33	4.14
112 0	β-Pinen	1.04	1.36	1.33	1.14	1.23	1.32	1.88	1.53	1.33	0.78	1	1.35
112 7	Sabinene	0.5	0.72	2.5	0.76	2.42	2.05	1.02	0.79	1.9	1.32	2.72	2.51
116 4	β-Myrcene	0.2	0.32	0.49	0.43	0.49	0.5	0.34	0.32	0.49	0.46	0.47	0.48
116 8	(+)-4-Carene	-	0.14	0.39	0.19	0.28	0.3	0.23	0.14	0.36	0.27	0.24	0.19
119 0	α-Terpinene	0.27	0.18	0.17	0.14	0.42	0.3	0.14	0.16	0.56	0.12	0.2	0.11
120 6	Limonene	2.48	4.13	3.73	2.41	3.14	2.87	0.63	2.81	1.2	2.65	2.46	3.07
121 6	1,8-Cineole	7.09	7.34	6.65	5.66	5.42	5.32	9.98	8.31	7.21	6.53	5.22	5.24
124 0	trans-β-Ocimene	-	0.14	0.4	0.19	0.38	0.25	-	0.14	0.37	0.2	0.36	0.26
125 4	γ-Terpinene	0.63	0.41	0.68	0.39	0.67	0.3	-	0.4	0.63	0.54	0.69	0.31
125 7	cis-β-Ocimene	-	-	0.11	0.05	0.86	0.1	-	0.34	0.12	-	0.05	0.1
128 1	o-Cymene	0.25	0.13	0.31	0.2	0.21	0.26	0.92	0.34	0.28	0.24	0.24	0.23
129 2	Amyl isovalerate	0.55	0.25	0.13	0.27	0.11	0.11	-	0.27	0.11	0.09	0.21	0.13
130 2	α-Terpinolene	-	0.33	0.44	0.29	0.4	0.34	-	0.48	0.43	0.34	0.39	0.42
134 5	3-Octanol, acetate	-	0.71	0.74	0.1	0.13	0.17	-	0.58	0.13	0.17	0.14	0.14
139 1	3-Octanol	0.64	0.52	0.9	0.58	0.77	0.69	0.55	0.57	0.74	0.77	0.64	0.65
146 9	cis-Sabinene hydrate	0.1	1.34	-	1.52	-	1.08	-	1.31	-	1.19	1.52	1.11
147 6	Menthone	24.21	23.59	27.73	26.27	31.28	29.13	22.82	23.62	27.51	26.1	31.56	30.43
149 4	Menthofuran	1.47	1.56	1.83	2.29	4.15	4.72	2.06	1.76	1.64	3.19	4.63	4.16
150 3	Isomenthone	4.24	3.63	1.14	3.4	5.21	4.72	5.95	3.28	4.43	5.27	5.51	5.2
152 9	β-Bourbonene	0.35	0.41	0.11	0.65	0.68	0.64	0.09	-	0.58	0.27	0.7	0.62
153 2	Dihydroedulan	0.49	-	0.19	0.25	0.26	0.35	0.14	0.08	0.24	0.14	0.28	0.32
155 0	Linalool	0.7	0.38	0.71	0.46	0.28	0.4	0.13	0.11	0.8	0.36	0.25	0.21
158 5	Menthyl asetat	3.77	2.73	2.86	3.39	3.74	4.78	5.04	5.2	3.13	3.26	2.21	2.14
160 2	Neomenthol	2.5	1.84	1.36	2.24	1.24	1.09	1.73	2.22	1.66	1.53	1.7	1.12
160 9	Caryophyllene	0.47	0.76	1.42	1.15	1.26	1.13	-	0.42	2.08	2.67	1.15	1.48
164 3	Menthol	37.46	35.14	33.87	34.57	25.56	24.88	33.11	31.22	28.2	29.85	26.32	23.2
167 1	cis-β-Farnesene	-	0.22	0.32	0.24	0.41	0.39	-	-	0.63	0.31	0.7	0.65
169 8	α-Terpineol	1.36	0.4	1.01	0.82	0.86	0.91	1.44	1.53	1.14	0.93	0.89	1.01
170 8	Borneol	0.09	0.12	0.21	0.17	0.25	1.76	0.15	0.13	0.24	0.18	0.26	1.74
171 6	Germacrene D	1.7	1.06	2.05	1.36	1.96	2.32	0.66	1.11	2.73	1.81	2.15	2.15
173 4	Piperitone	1.06	0.45	-	0.94	-	-	1.29	0.56	0.21	0.1	0.11	-
175 5	Bicyclogermacrene	0.08	0.47	1.12	-	0.62	0.32	0.9	0.1	1.19	0.98	0.21	0.22
176 5	δ-Cadinene	0.11	0.08	0.1	0.07	0.08	0.1	0.1	0.08	0.12	0.09	0.09	0.08
180 0	cis-Sabinol	0.13	-	0.08	0.07	-	-	0.14	0.87	-	0.11	-	0.12
180 8	Nerol	-	0.37	0.21	-	-	-	-	0.48	0.74	0.26	0.73	0.51
181 0	α-Dihydroionone	0.14	0.23	0.07	0.15	0.15	0.14	-	0.21	0.26	0.13	0.09	0.11
194 8	trans-Jasmone	0.08	0.09	0.08	-	-	-	0.21	0.2	0.17	0.07	0.2	0.12
199 5	Caryophyllene oxide	0.18	0.17	0.1	0.25	0.21	0.19	0.66	0.21	0.26	0.29	0.23	0.18
202 9	Perilla alcohol	0.08	0.18	tr	0.16	0.11	0.11	0.59	0.16	0.09	0.06	0.13	0.68
205 7	Ledol	1.06	0.61	0.8	0.6	0.43	0.15	0.93	0.82	1.19	0.75	0.15	0.23
213 3	(-)-Spathulenol	0.1	0.2	0.08	0.07	-	0.06	0.26	0.32	0.13	0.12	0.08	0.1
218 9	Thymol	0.2	0.06	0.07	0.06	-	0.08	0.33	-	0.06	-	0.06	0.06
219 5	α-Cadinol	0.14	0.09	0.09	0.15	0.11	0.14	0.23	0.13	0.11	0.19	0.14	0.12
236 5	Mint furanone	0.17	0.3	0.06	0.13	0.06	0.68	2.01	0.21	0.28	0.06	0.06	0.72

RI: Retention indices calculated against n-alkanes (C7-C30) on HP-Innowax column; HP-Innowax kolonunda n-alkanlara (C7-C30) karşı hesaplanan alıkonma indeksleri

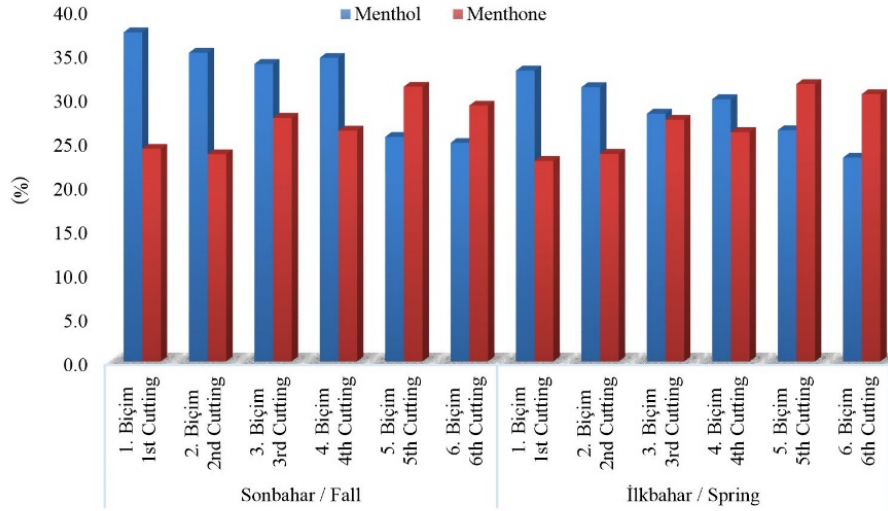


Figure 1. The effect planting time and various cuttings on the variation of menthol ve menthone ratios in *M. × piperita*

Şekil 1. *M. × piperita*'da ekim zamanı ve farklı biçimlerin menthol ve menthone oranlarının değişimi üzerine etkisi

α -Pinene oranı bakımından her iki ekim zamanının 2. biçimleri oldukça yüksek bulunmuştur. Sonbahar ekimlerinin 1. senesi hariç, diğer yıllarda ilk biçimler daha fazla sabinene üretmekle beraber, bu bileşenin oranı her iki ekim zamanının 3. biçimi ile son iki biçiminde artış göstermiştir. Limonene biyosentezi açısından sonbahar ekimlerinde genel olarak düşüş, ilkbahar ekimlerinde ise yükseliş yaşanmıştır. Her iki ekim zamanında 1,8-cineole oranında düşüşler meydana gelerek, ilkbahar ekimlerinde bu maddenin oranları nisbeten yüksek bulunmuştur. Menthofuran'ın yüksek bulunması kalite açısından *M. × piperita* uçucu yağı olumsuz etkilediğinden, istenmeyen bir bileşendir. Her iki ekim zamanında da bitkilerin yaşlanması ile beraber menthofuran oranı da artış göstermiştir. Bu bileşenin yükselişi, menthol oranında düşüşe sebep olmuştur. Öte yandan bu bileşenin oranı farklı değerlerle menthone'a çok yakın bir seyir izlemiştir. Menthyl acetate sonbahar ekimlerinde 1. biçim hariç son biçime doğru yükseliş ve ilkbahar biçimlerinde ise düşüş göstermiştir.

Farklı farmakopeler, *M. × piperita* uçucu yağının kimyasal içeriğinin sınırlarını menthol (% 30.0-55.0), menthone (% 14.0-32.0), isomenthone (% 1.5-10.0), menthyl acetate (% 2.8-10.0), limonene (% 1-5), menthofuran (% 1.0-9.0), 1,8-cineole (% 3.5-4.0), limonene (% 1.0-5.0), isopulegol (en fazla % 0.2), pulegone (en fazla % 4.0), ve carvone (en fazla % 1.0) olarak önermiştir. Ayrıca, 1,8-cineole/limonene oranının 2.0'dan büyük olmaması gerektiği bildirilmiştir (British Pharmacopoeia, 1995; European Pharmacopoeia, 2005). Tablo 5. verilerine göre 1,8-cineole/limonene oranına ilişkin sonbahar ekimlerinde 2., 3. ve 5. biçimler ile ilkbahar ekimlerinin 6. biçimi hariç diğer biçimlerde bu oran sağlanmıştır. 1,8-cineole/limonene oranını sağlamayan biçimlerde ise oran değeri 1.7'nin üstündedir (Tablo 4). Birçok standarda göre de *M. × piperita*'nın major bileşenleri menthol (% 30-55) ve menthone (% 14-32)'dur. Menthol çoğunlukla serbest alkol formunda ve düşük miktarda da acetate (% 3-5) ve valerate esterleri şeklinde görülür. Mevcut diğer önemli monoterenler arasında izomenthone (% 2-10), 1,8-cineole (% 6-14), α -pinene (% 1.0-1.5), β -pinene (% 1-2), limonene (% 1-5), neomenthol (% 2.5-3.5) ve menthofuran (% 1-9) bulunmaktadır (Bisset, 1994; Bruneton, 1995; Blaschek ve ark., 1998; European Pharmacopoeia, 2005; European Pharmacopoeia, 2013). Özgüven ve Kırıcı (1999), bu çalışma ile aynı lokasyonun verimli arazilerinde *M. × piperita* L. var Mitcham üzerinde yaptıkları çalışmada bu bitkinin uçucu yağ bileşenlerini α -pinene (% 0.09-0.52), β -pinene (% 0.42-0.94), limonene (% 0.98-1.12), 1,8-cineole (% 6.4-7.91), menthone (% 25.0-45.15), menthofuran (% 9.27-15.04), menthol (% 19.18-29.73), pulegone (% 1.29-6.23), piperitone (% 0.80-0.94), menthyl acetate (% 0.88-2.20) ve β -caryophyllene (% 1.33-2.19) olarak belirlemişlerdir. *M. × piperita* uçucu yağ bileşenleri ile yapılan benzer çalışmalar ve uluslararası düzeyde kabul gören standartların değerleri incelendiğinde, bu çalışmada elde edilen bulgular standartlara uyum göstermiştir. Ek olarak, toksik etkiye sahip olan Pulegone (Azrak, 2007), tespit edilmemiştir (Tablo 5). Uçucu yağ konusunda da tartışıldığı gibi, kimyasal

komponentler birçok endojen ve eksojen faktörden etkilenir. Uçucu yağın kimyasal bileşimi büyük ölçüde genetik faktörler tarafından kontrol edilir ve belirlenir, ancak çevresel ve zirai faktörler sekonder metabolitlerin üretiminde önemli değişikliklere neden olabilir (Lima ve ark., 2003; Gobbo-Neto ve Lopes, 2007). Örneğin ışık şiddeti genel olarak bitkilerin fotosentetik aktivitesi ile güçlü bir şekilde ilişkilidir ve bu nedenle çeşitli türlerde karbon fiksasyonu, bitkisel büyüme ve kuru madde birikimini arttırmaktadır. Buna bağlı olarak uçucu yağ bileşenleri dahil, sekonder metabolitler fotosentetik karbondan meydana gelir (Loreto ve ark., 1996). Oksijenli monoterpenerler, *M. × piperita* uçucu yağının (% 74.21-80.86) major kimyasal bileşen grubunu oluşturmuştur. Genel olarak, farklı biçimlere ait bu grubun miktarları iki ekim sezonu arasında belirgin bir değişiklik göstermemiştir. En yüksek oksijenli monoterpenerler, her iki ekim sezonunda da 1. biçimlerde saptanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. *M. × piperita*'da ekim zamanı ve farklı biçimlerine ait uçucu yağ bileşenlerinin kimyasal gruplandırması

Table 6. Chemical grouping of essential oil components belonging to planting time and various cuttings in *M. × piperita*

Grouped compounds (%)	Sonbahar Ekim Zamanı / Fall						İlkbahar Ekim Zamanı / Spring					
	1. Sene / 1 st Year		2. Sene / 2 nd Year		3. Sene / 3 rd Year		1. Sene / 1 st Year		2. Sene / 2 nd Year		3. Sene / 3 rd Year	
	1. Biçim / 1 st Cut.	2. Biçim / 2 nd Cut.	3. Biçim / 3 rd Cut.	4. Biçim / 4 th Cut.	5. Biçim / 5 th Cut.	6. Biçim / 6 th Cut.	1. Biçim / 1 st Cut.	2. Biçim / 2 nd Cut.	3. Biçim / 3 rd Cut.	4. Biçim / 4 th Cut.	5. Biçim / 5 th Cut.	6. Biçim / 6 th Cut.
Oksijenli monoterpenerler Oxygenated monoterpenes	80.86	76.7	74.93	78.76	74.42	74.88	81.73	75.77	74.21	75.72	78.95	75.51
Hidrokarbon monoterpenerler Monoterpene hydrocarbons	8.19	13.47	12.97	10.63	13.88	12.65	7.53	12.11	10.87	10.34	11.15	13.17
Oksijenli seskiterpenler Oxygenated sesquiterpenes	1.48	1.07	1.07	1.07	0.75	0.54	2.08	1.48	1.69	1.35	0.6	0.63
Seskiterpen monoterpenerler Sesquiterpene hydrocarbons	2.71	3	5.12	3.47	5.01	4.9	1.75	1.71	7.33	6.13	5	5.2
Alkol / Alcohol	0.64	0.52	0.9	0.58	0.77	0.69	0.55	0.57	0.74	0.77	0.64	0.65
Ester	4.32	3.69	3.73	3.76	3.98	5.06	5.04	6.05	3.37	3.52	2.56	2.41
Ketone	0.08	0.09	0.08	-	-	-	0.21	0.2	0.17	0.07	0.2	0.12
Terpen temelli bileşenler Terpene related compounds	0.63	0.23	0.26	0.4	0.41	0.49	0.14	0.29	0.5	0.27	0.37	0.43
Toplam / Total (%)	98.91	98.77	99.06	98.67	99.22	99.21	99.03	98.18	98.88	98.17	99.47	98.12

Hidrokarbon monoterpenerler kimyasal gruplandırmada ikinci sırada yer almıştır (% 7.53-13.88). Bu gruba ilişkin en düşük oranlar her iki ekim sezonunun 1. biçimlerinde izlenmiştir. Tüm monoterpenerlerin sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek oksijenli monoterpenerlerin görüldüğü biçimlerde, hidrokarbon monoterpenerler düşük çıkmıştır. Her iki ekim sezonunda da biçimler arttıkça, oksijenli seskiterpenlerin oranında düşüş yaşanmıştır. Bu grubun en düşük oranları 3. senede tespit edilmiştir. Denemenin ilkbahar ekim sezonunun ilk senesi dışında, bu sezona ait seskiterpen hidrokarbonlar grubu daha yüksek bulunmuştur. Alkol, ester, keton ve terpen temelli bileşikler diğer kimyasal grupları oluşturmuştur (Tablo 6). Menthol, menthone ve bunlara ait izomerler, menthyl esterler ve piperitone gibi oksijenli monoterpenerler, nanenin özel tat ve kokusunu sağlayan bitkinin ana kimyasal bileşen grubudur (Heydari ve ark., 2018).

4. Sonuç

Marjinal arazi koşullarında tıbbi ve aromatik bitkilerin kültürü ile ilgili akademik çalışma yok denecek kadar azdır. Ekim zamanı yönünden rizom ile çoğaltılan ve kurulan sonbahar ve ilkbahar *M. × piperita* plantasyonu kıyaslandığında, ilkbahar ekimi daha yüksek verime ulaşmıştır. Bunun nedeni sonbahar plantasyonunun bir ay kadar geç gerçekleşmesi ve rizomların kış soğuklarından olumsuz etkilenmesi olarak tahmin edilmektedir. Üç senelik bu çalışmanın sonuçlarına göre marjinal arazide yetiştirilen *M. × piperita*'nın verim ve verim komponentleri normal tarım alanlarına kıyasla düşük olsa da başarılı ve ekonomik boyutlara ulaşmıştır. Ancak, marjinal arazi koşullarına bağlı olarak zamanla toprakta besin maddelerini azalması ve zamanla bitkilerin yaşlanması, verimi düşürmüştür. Her ne kadar uçucu yağ oranı bitkinin genetik yapısına bağlı olsa da çevresel faktörler bu oranı etkilemektedir. Bu yüzden saptanan uçucu yağ oranları arazi şartlarına bağlı olarak değişiklikler göstermiştir. Uçucu yağ verimi ise kuru yaprak verimi başta olmak üzere agronomik verime bağlıdır. Kimyasal analizler sonucu biçimlere ilişkin belirlenen uçucu yağ profili oldukça zengin ve standartlara uyumlu bulunmuştur. Muhtemelen, vejetasyon süresi boyunca marjinal araziye bağlı meydana gelen stres ve diğer koşullar sekonder metabolit biyosentezini olumlu yönde etkilemiştir. Dünya genelinde günden güne artan gıda ihtiyacı göz önüne alındığında, tıbbi ve aromatik bitkiler gibi stratejik olmayan ürünlerin yetiştirilmesi için verimli tarım arazilerinin tahsisi risklidir. Fakat, tıbbi bitkilerin sağlık ve gıda gibi birçok alanda kullanıldığı ve maddi açıdan geri dönüşümü yüksek olduğundan, marjinal topraklara sahip ve üretime uygun bölgelerin sosyo-ekonomik durumları değerlendirilerek, söz konusu bitkilerin yetiştirilmesi yaygınlaştırılabilir. Bu hususta en önemli

faktör doğru bitkiyi seçmektir. *Mentha* türleri gibi su ihtiyacı yüksek olan bitkiler yeterli sulama suyu olan marjinal arazilerde önerilebilir. Aksi durumda, kuraklığa dayanıklı bitkiler tercih edilebilir.

Teşekkür

Bu yayın bir doktora tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır. Ayrıca, çalışmanın bütünü Çukurova Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (ZF2012D4).

Kaynakça

- Adams, R.P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, 4.1 ed. Allured Publishing Co., Carol Stream, Illinois.
- Aktepe, B.P., Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y., Aysan, Y. (2019). Farklı bitki uçucu yağların Erwinia amylovora'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (1): 34-41. <https://doi.org/10.33462/jotaf.516848>
- Alankar, S. (2009). A Review on Peppermint Oil. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 2 (2): 27-33.
- Alkire, B.H., Simon, J.E. (1996). Response of midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) and native spearmint (*M. spicata* L.) to rate and form of nitrogen fertilizer. *Acta Horticulture* 426: 537-549. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.426.58>
- Arrobas, M., Ferreira, I.Q., Afonso, S., Rodrigues, M.A. (2018). Sufficiency ranges and crop nutrient removals for peppermint (*Mentha × piperita* L.) established from field and pot fertilizer experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 49 (14): 1719-1730. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1474909>
- Ayran, I., Çelik, S.A., Kan, A., Kan, Y. (2018). A Study on essential oil yield and components of dried and fresh foliage of peppermint (*Mentha piperita* L.) Cultivated in Turkey. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences* 2 (1): 199-201. <https://doi.org/10.31015/jaefs.18036>
- Azarpour, E., Motamed, M.K., Bozorgi, H.R. (2012). Stevia Agronomy and Extension. Azad University Pub. Lahijan.
- Azırak, S. (2007). *Thymol ve carvacrol'un in vivo genotoksik etkilerinin araştırılması*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Beigi, M., Torki-Harchegani, M., Ghasemi Pirbalouti, A. (2018). Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha × piperita* L.) leaves under different drying methods. *International Journal of Food Properties* 21 (1): 267-276. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1453839>
- Bisset, N.G. (1994). Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. CRC Press, Stuttgart, Boca Raton.
- Blaschek, W., Hänsel, R., Kelle, K., Reichling, J., Rimpler, H., Schneider, G. (1998). Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis. 5th ed. Berlin.
- British Pharmacopoeia. (1995). Vol. I (International Edition and Addendum). Her Majesty's Stationery Office, London.
- Bruneton, J. (1995). Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants. Lavoisier Publishing Co., Paris.
- Capuzzo, A., Maffei, M.E. (2016). Molecular fingerprinting of peppermint (*Mentha piperita*) and some mentha hybrids by sequencing and RFLP analysis of the 5S rRNA non-transcribed spacer (NTS) region. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 150 (2): 236-243. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.969355>
- Chang, X., Alderson, P.G., Wright, C.J. (2008). Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany* 63 (1-3): 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.017>
- Çalışkan, T., Maral, H., Pala, C., Kafkas, N.E., Kırıcı, S. (2019). Morphogenetic variation for essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) in çukurova condition. *arabian journal of medicinal & aromatic plants* 5 (1): 32-38. <https://doi.org/10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v5i1.15680>
- Davazdahemami, S., Sefidkon, F., Jahansooz, M.R., Mazaheri, D. (2008). Comparison of biological yield, essential oil content and composition and phenological stages of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in three planting dates. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24 (3): 263-270.
- Duriyapuran, S., Britten, E.J., Basford, K.E. (1986). The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of Japanese mint. *Annals of Botany* 58: 729-736. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087236>
- Ebrahim Ghochi, Z., Mohsenabadi, G.R., Majidian, M. (2017). Evaluation of yield, quantity and quality traits in intercropping of peppermint (*Mentha piperita* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum - graceum* L.) under different planting dates. *journal of agricultural science and sustainable production* 27(3): 1-15.
- European Pharmacopoeia 5.0, 5.1-5.8. (2005) Strasbourg Council of Europe.
- European Pharmacopoeia. (2013). Peppermint oil, 07/2012:0405. 8th ed. European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare. Strasbourg.
- FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations). (2008). A Framework for Bioenergy Environmental Impact Analysis. Öko-Institut, Ifeu-Institute, Copernicus Institute financed by the Food and Agriculture Organization, Rome.
- Fejér, J., Gruľová, D., Feo, V.D. (2017). Biomass production and essential oil in a new bred cultivar of peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Industrial Crops and Products* 109 (15): 812-817. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.034>
- Fernandes, V.F., Almeida, L.B., Feijó, E.V.R.S., Silva, D.C., Oliveira, R.A., Mielke, M.S., Costa, L.C.B (2013). Light intensity on growth, leaf micromorphology and essential oil production of *Ocimum gratissimum*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 23 (3): 419-424. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000041>

- Gobbo-Neto, L., Lopes, N.P. (2007). Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. *Química Nova* 30 (2): 374-381. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>
- Hanumanthappa, M., Jayaprakash, R., Nagaraj, R. (2018). Economic Potentials of medicinal and aromatic plants in dryland and rainfed areas of India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(3): 384-386.
- Heydari, M., Zanfardino, A., Taleci, A., Shahnejat Bushehri, A.A., Hadian, J., Maresca, V., Sorbo, S. et.al. (2018). Effect of heat stress on yield, monoterpene content and antibacterial activity of essential oils of *Mentha × piperita* var. Mitcham and *Mentha arvensis* var. piperascens. *Molecules* 23 (8): 1903. <https://doi.org/10.3390/molecules23081903>
- Izadi, Z., Ahmadvand, G., Asna Ashri, M., Piri, J. (2010). Effect of nitrogen and plant density on some growth characteristic, yield and essence in peppermint. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8 (5): 824-836.
- Joshi, K., Singh, V., Kumar, A., Tiwari, R. (2018). Effect on herbage and oil yield in different *Mentha* species intercropped with poplar. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7 (1): 1750-1754.
- Kang, S., Post, W., Nichols, J., Wang, D., West, T., Bandaru, V., Izaurre, R. (2013). Marginal lands, concept, assessment and management. *Journal of Agricultural Science* 5 (5): 129-139. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n5p129>.
- Kassahun, B.M., Silva, J.A.T., Solomon, A.M. (2011). Agronomic characters, leaf and essential oil yield of peppermint (*Mentha piperita* L.) as influenced by harvesting age and row spacing. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology* 5 (1): 49-53.
- Koocheki, A., Sabet, Teimouri, M. (2011). Effects of fertilizer types and irrigation intervals of on quantity criteria of lavender (*Lavandula angustifolia*), rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 9 (1): 78-87.
- Lima, H.R.P., Kaplan, M.A.C., Cruz, A.V.M. (2003). Influence of abiotic factors on terpenoids production and variability in the plants. *Floresta e Ambiente* 10 (2): 71-77.
- Loreto, F., Ciccioli, P., Cecinato, A., Brancaleoni, E., Frattoni, M., Tricoli, D. (1996). Influence of environmental factors and air composition on the emission of [alpha]-Pinene from *Quercus ilex* leaves. *Plant Physiol* 110 (1):267-275. <https://doi.org/10.1104/pp.110.1.267>
- Mammadov, R. (2014). Secondary Metabolites in Spermatophytes. Nobel Pub. Ankara.
- Mansoori, A. (2014). The effect of plant density and harvesting time on growth and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medical and Bioengineering* 3 (2): 113-116. <https://doi.org/113-116>. 10.12720/jomb.3.2.113-116
- Murray, M.J., Marble, P., Lincoln, D., Mefendehl, F.W. (1988). Peppermint Oil Quality Differences and the Reason for Them. (Flavor and Fragrances: A World Perspective. Eds. Lawrence, B.M., Mookhejee, B.D., Willis, B.T.) 189-210. Elsevier Press, Amsterdam.
- Nair, B. (2001). Final report on the safety assessment of *Mentha Piperita* (peppermint) oil, *Mentha Piperita* (peppermint) leaf extract, *Mentha piperita* (Peppermint) leaf, and *Mentha Piperita* (peppermint) leaf water. *International Journal of Toxicology* 20 (3): 61-73. <https://doi.org/10.1080/10915810152902592>
- Omidbeigi, R. (2013). Production and Processing of Medicinal Plants II. 2nd ed. Behnashr Pub. Msh'had.
- Ostadi, A., Javanmard, A., Amani-Machiani, M., Morshedloo, M.R., Nouraein, M., Rasouli, F., Maggi, F. (2020). Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha × piperita* L. *Industrial Crops and Products Volume* 148: 112290. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112290>
- Özel, A., Özgüven, M. (1999). Effect of different planting times on yields and agricultural characters of different mint (*Mentha* spp.) varieties under the Harran plain conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23 (4): 921-928.
- Özgüven, M., Kırıcı, S. (1999). Farklı ekolojilerde nane türlerinin verim ile uçucu yağ oran ve bileşenlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23 (5): 465-472.
- Özgüven, M., Soltanbeigi, A., Şekeroğlu, N. (2012). The study of the adaptation, yield and quality of the different variety of anise (*Pimpinella anisum* L.) under efficient and marginal lands in Çukurova area (Turkey). 1st National Congress on Medicinal Plants. 16-17 May. Kish Island, Iran.
- Rios-Esteva, R., Lange, I., Lee, J.M., Lange, B.M. (2010). Mathematical modeling-guided evaluation of biochemical, developmental, environmental, and genotypic determinants of essential oil composition and yield in peppermint leaves. *Plant Physiology* 152 (4): 2105-2119. <https://doi.org/10.1104/pp.109.152256>
- Rios-Esteva, R., Turner, G.W., Lee, J.M., Croteau, R.B., Lange, B.M. (2008). A systems biology approach identifies the biochemical mechanisms regulating monoterpene essential oil composition in peppermint. *The Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (8): 2818-2823. <https://doi.org/10.1073/pnas.0712314105>
- Rita, P., Animesh, D.K. (2011). An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Research Journal of Pharmacy* 2(8): 1-10.
- Robertson, G.P., Dale, V.H., Doering, O.C., Hamburg, S.P., Melillo, J.M., Wander, M.M., Parton, W.J. et al. (2008). Sustainable Biofuels Redux. *Science* 322 (5898): 49-50. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1161525>

- SEEMLA (Sustainable Exploitation of Biomass for Bioenergy from Marginal Lands in Europe). (2016). <http://www.advancefuel.eu/contents/files/seemla-final-conference-wp1.pdf> (Erişim tarihi: 08.03.2021)
- Sharma, S., Tyagi, B., Naqvi, A.A., Thakur, R.S. (1992). Stability of essential oil yield and quality characters in Japanese mint (*M. arvensis* L.) under varied environmental conditions. *Journal of Essential Oil Research* 4 (4): 411-416. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698093>
- Singh, M., Singh, V.P., Singh, D.V. (1995). Effect of planting time on growth, yield and quality of spearmint (*Mentha spicata* L.) under subtropical climate of Central Utar Pradesh. *Journal of Essential Oil Research* 7 (6): 621-626. <https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9700516>
- Soltanbeigi, A., Sakartepe, E. (2020). Chemical specification of wild *Salvia tomentosa* Mill. collected from Inner Aegean Region of Turkey. *Journal of Medicinal and Spice Plants* 24 (1): 31-35.
- Telci, İ. 2001. *Farklı nane (Mentha spp.) klonlarının bazı morfolojik, tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma.* (Doktora Tezi) Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Telci, İ., Elmastaş, M., Demirtaş, İ., Kacar, O., Aytaç, Z., Yılmaz, E. (2015). Türkiye’de kültürü yapılan reyhanlarda (*Ocimum basilicum* L.) flavonoid ve fenolik asit kompozisyonlarının araştırılarak farklı kemotiplerin belirlenmesi, önemli bileşiklerin ekolojilere göre değişimi ve antioksidan potansiyellerinin karşılaştırılması. Araştırma Projesi Raporu, No: 1110677, TÜBİTAK.
- Tuğay, M.E., Kaya, N., Yılmaz, G., Telci, I., Dönmez, E. (2000). Tokat ve çevresinde yaygın olarak bulunan bazı aromatik bitkilerin bitkisel ve teknolojik özellikleri. Araştırma Projesi Raporu, No: TOGTAG-1690, TÜBİTAK.
- Umarusman, M.A., Aysan, Y., Özgüven, M. (2019). Farklı bitki ekstraktlarının bezelye bakteriyel yaprak yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. *pisi*) antibakteriyel etkilerinin araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (3): 297-314. <https://doi.org/10.33462/jotaf.527213>
- Upadhyay, R.K., Bahl, J.R., Verma, R.S., Padalia, R.C., Chauhan, A., Patr, D.D. (2014). New source of planting material for quality cultivation of menthol-mint (*Mentha arvensis* L.). *Industrial Crops and Products* 59: 184-188. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.019>
- Yeşil, M., Öner, E., Özcan, M.M. (2018). Determination of agricultural characteristics of different mint (*Mentha* sp.) species in Ordu ecological conditions. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 6 (12): 1734-1740. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1734-1740.1979>
- Yılmaz, K. (2018). *Isparta koşullarında yetiştirilen Mentha piperita L. türüne ait klon ve çeşitlerin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi) Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Zheljzakov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T., Ebelhar, M.W. (2010). Peppermint productivity and oil composition as a function of nitrogen, growth stage, and harvest time. *Agronomy Journal* 102 (1), 124-128. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0256>

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Analitik Hiyerarşi Prosesiyle (AHP) Organik Gübre Üretim Tesisi Uygunluk Analizi: Tekirdağ İli Örneği


Compliance Analysis of Organic Fertilizer Production Plant with Analytical Hierarchy Process (AHP) in Geographical Information Systems (GIS) Environment: The Case of Tekirdağ Province


Burak GÜRKAN¹, Bengisu ÖDEKER², Hikmet KATIRCIOĞLU^{3*}


Öz

Organik gübre üretim tesislerinin yer seçimi, tarımsal işletmeler ve tarım sektörü açısından kritik öneme sahip bir konudur. Tesis yerinin uygunluk analizi sonucuna göre seçilmesinin tarım sektörüne ve çevreye nasıl bir katkı sağlayacağı üzerinde durulan bu çalışmada, Tekirdağ ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu doğrultuda Analitik Hiyerarşi Sürecinde temel ve alt kriterler belirlenmiş, alt kriter grupları içerisindeki organik gübre tesisi sayısı adet olarak belirtilmiştir. Ortaya çıkan kriterler önem derecelerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Temel kriterler: fiziki, çevresel ve sosyo-ekonomik kriterler; alt kriterler ise eğim, yükseklik, büyük toprak grupları, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyeti sınıfları, kara-demir yollarına, limanlara, yerleşim merkezlerine ve elektrik enerjisi iletim hatlarına olan mesafe olarak belirlenmiştir. Her bir kriter için tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Analitik Hiyerarşi Sürecinde hesaplanan kriter ağırlıkları Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamına ArcGIS 10.5 yazılımına aktararak ve organik gübre tesisi için uygunluk haritası elde edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda Tekirdağ ilinin %81.01'i çok yüksek-yüksek-orta uygunluk göstermekte ve mevcut organik gübre tesisleri bu alanlarda bulunmaktadır. İlin %8.20'si çok düşük uygunlukta bulunmuştur. Bunun sebebi de bu bölgelerin milli park ve ormanları barındırmasından kaynaklanmaktadır. Bir organik gübre tesisinin tarım alanı yakınında olması ham maddeye yakınlık açısından uygun olup ülkeye ekonomik girdi kapsamında da sürdürülebilirliği ifade etmektedir. Bu çalışmada ulusal/uluslararası tarım işletmeleri uygun alan seçimi karar mekanizmasında kullanılmak üzere CBS ortamındaki AHP yöntemi, Tekirdağ ili örneği üzerinden önerilmektedir. Günümüzde uygun alan seçimi karar mekanizmalarında genellikle çevre etki değerlendirme raporları dikkate alınmaktadır. Ancak bu raporlarda veya karar mercilerinde AHP ve benzeri matematiksel modellemeler kullanılmamaktadır. Bu çalışmada örnek bölge seçilen Tekirdağ iline (%75.11'i tarım alanı, toprağı %90 yetersiz organik madde) ait modellemeden elde edilen verilere göre organik gübre ihtiyacını karşılayacak tesis sayısının güneybatı bölgesinde de kurularak sayısının artırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Analitik Hiyerarşi Süreci, Tekirdağ, Organik Gübre Tesisi, Uygunluk Analizleri

¹Burak GÜRKAN, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi A.B.D., Ankara, Türkiye. E-mail: burak.gurkan@gazi.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9252-9515.

²Bengisu ÖDEKER, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Fiziki Coğrafya A.B.D., Ankara, Türkiye. E-mail: bodeker@ankara.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2787-2250.

³*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hikmet KATIRCIOĞLU, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi A.B.D., Ankara, Türkiye. E-mail: hturk@gazi.edu.tr  OrcID: 0000-0002-4866-6106.

Atıf/Citation: GÜRKAN, B., ÖDEKER B., KATIRCIOĞLU H. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Analitik Hiyerarşi Prosesiyle (AHP) Organik Gübre Üretim Tesisi Uygunluk Analizi: Tekirdağ İli Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 718-729.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2021

Abstract

Choosing the location of organic fertilizer production facilities is a critical issue for agricultural enterprises and the agricultural sector. In this study, which is focused on how the selection of the facility location according to the results of the suitability analysis will contribute to the agricultural sector and the environment, Tekirdağ province was chosen as the study area. In this direction, basic and sub-criteria were determined in the Analytical Hierarchy Process, and the number of organic fertilizer plants in the sub-criteria groups was specified. The resulting criteria were reclassified according to their importance. Basic criteria: physical, environmental and socio-economic criteria; Sub-criteria are slope, elevation, big soil groups, land use, land use capability classes, distance to road-railways, ports, settlements and electrical energy transmission lines. Consistency rates were calculated for each criterion. The criterion weights calculated in the Analytical Hierarchy Process were overlaid with ArcGIS 10.5 software in the Geographical Information Systems environment and a suitability map for the organic fertilizer plant was obtained. In line with the findings obtained, 81.01% of Tekirdağ province shows very high-high-medium suitability and existing organic fertilizer facilities are located in these areas. 8.20% of the province has been found to be very low suitability. The reason for this is that these regions contain national parks and forests. The fact that an organic fertilizer plant is close to the agricultural area is suitable in terms of proximity to the raw material and represents sustainability within the scope of economic input to the country. In this study, AHP method in GIS environment is proposed over Tekirdağ province to be used in the decision-making mechanism of national/international agricultural enterprises. Today, environmental impact assessment reports are generally taken into account in decision-making mechanisms for choosing the appropriate area. However, AHP and similar mathematical models are not used in these reports or decision-makers. In this study, according to the data obtained from the modeling of Tekirdağ province (75.11% agricultural land, 90% insufficient organic matter), it is suggested to increase the number of facilities that will meet the organic fertilizer need in the southwest region.

Keywords: Geographic Information Systems, Analytic Hierarchy Process, Tekirdağ, Organic Fertilizer Plant, Suitability Analysis

1. Giriş

Tarımsal üretim gıda güvenliği, gıda kalitesi ve ülke ekonomileri bakımından önemli bir konudur. Tarımsal ve çevresel sürdürülebilirlik sektörün paydaşları olan çiftçiler, gıda işletmeleri, perakende satış firmaları için önemli bir faktördür. Bu bağlamda işletmelerin kaynaklarını sürdürülebilirlik çerçevesinde kullanımı ham madde temini açısından önemlidir. Hasat sonrası tarımsal alanlarda kalan mahsul kalıntıları, üreticiler tarafından bir sonraki mahsul için yapılacak hazırlıklara engel olarak görülmektedir. Kalıntıları gidermek için yaygın çözüm yöntemi olarak yakma kullanılmaktadır (Akpınar ve ark., 2009; Gadde ve ark., 2009; Polat, 2015). Son yıllarda dünyadaki tarımsal atık sayısı hızla artmaktadır (Xue ve ark., 2016). Mahsul kalıntılarının yakılması, küresel ısınmayı artırıcı etkisinin yanı sıra sağlık sorunlarına neden olan ciddi çevresel sorunlara sebebiyet vermektedir (Bhuvaneshwari ve ark., 2019).

Türkiye’de tarım alanlarında çıkan yıllık atık miktarının 50 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Demirel ve Gürdil, 2018). Organik atıkların toprağa ilavesi sürdürülebilir bir toprak kalitesi için önemlidir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik farkındalığın artırılması, modern uygulamalarla yapılan organik çiftçiliğin teşvik edilmesi tarım sektörünün çevresel kirliliğe olan etkisinin azalmasında etki sağlayacaktır (Çetin ve ark., 2020). Türkiye topraklarının büyük bir kısmının organik madde bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Güçdemir, 2006; ÇEM, 2018; Sönmez ve ark., 2018). Bellitürk ve Sağlam’ın 2005 yılında Tekirdağ ili topraklarının mineralize olan azot miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri üzerinde yaptıkları çalışmada toprak örnekleri organik madde bakımından %90 yetersiz bulunurken, fosfor bakımından %45 zengin bulunmuştur. Organik maddenin toprağa uygulanması toprağın kimyasal verimliliğini arttırmaktadır (Weber ve ark., 2007; Kaur ve ark., 2008; Gómez-Muñoz ve ark., 2017). Bu durumda organik madde kullanımı ürün kalitesi ve sağlığı açısından sektör için gereklidir. Buna bağlı olarak işletmelerin uygun alan seçimi ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır. Tarım işletmelerinin uygun alan seçiminde yapılan çalışmalar sınırlıdır ve belirli bir karar mekanizması bulunmamaktadır (Mercan ve ark., 2017).

Yaşanan teknolojik gelişmeler bilginin üretim ve ulaşılabilişliğini kolaylaştırır iken hızla artan verilerin yönetilmesinde büyük veriyi işlevsel kullanmak için yeni yöntemlere gereksinimi arttırmıştır. Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) verilerin işlenmesinde önemli bir araç olarak ulusal/uluslararası birçok platformda yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS verilerin depolanması, görüntülenmesi, düzenlenmesi, sorgulanması ve analizinde istatistiksel ifadelerle değerlendirilme işlemlerinin bütünüdür (Küçükönder ve Karabulut 2007, Ödeker ve Türkoğlu, 2020). CBS ortamında ele alınan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ise karar verme sürecinde en önemli kriterleri belirleyen metod olarak kullanılmaktadır.

Kırsal ekonomileri canlandırmak amacıyla tarımsal işletmelerin uygun alan seçimlerinde bu programların kullanımlarına dair önerileri içeren birçok araştırma bulunmaktadır (Garcia ve ark., 2014; Mishra ve ark., 2015; Herzberg ve ark., 2019; Ünal ve Çetin, 2019; Kumar ve ark., 2021). Bu araştırma içeriklerinde tarımsal sürdürülebilirliğe katkı bağlamında, işletme ihtiyacı olan ürün depo yeri, pazar yeri, tarım arazisi, atık değerlendirilmesine dair tesisler vb. sürece dair yer seçimlerinin yanlış veya hatalı olmasının işletmeleri ekonomik ve sosyal açıdan çok yönlü olarak etkilediği ve ciddi kayıplara neden olduğu vurgulanmaktadır. CBS ile desteklenen AHP yöntemi tarımsal işletmelerin uygun alan seçiminde karar mekanizması oluşturmada etkin olarak kullanılmalı ve tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamalıdır.

Bu çalışmada fiziki çevresel ve sosyo-ekonomik koşullar göz önüne alınarak belirlenen kriterler doğrultusunda, CBS ortamında AHP ile örnek bölge seçilen Tekirdağ ili sınırlarında organik gübre tesisi kurulumuna uygun alanların belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Tekirdağ Marmara Bölgesinde, 26° 43'-28° 08' doğu meridyenleri ile 40° 36'-41°31' kuzey paralelleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Yaklaşık 1.200 km² yüzölçümüne sahiptir. Ortalama yükseltisi yaklaşık 460 m olan Tekirdağ ili, geniş ovalarıyla dikkat çekmektedir. Yükselti ile eğim kuzeydoğu ve güneybatıya doğru artış göstermektedir. İlin %75.11’ini oluşturan tarım alanları yükselti ve eğimin az olduğu yerlerde yaygınken; ilin %15.90’ını kapsayan doğal bitki örtüsü (milli parklar ve ormanlar) yükselti ve eğimin artmaya başladığı yerlerde görülmektedir.

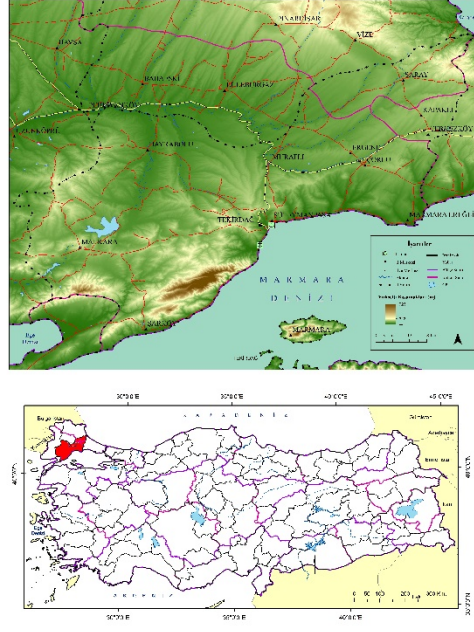


Figure 1. Study area and boundaries
Şekil 1. Çalışma alanı ve sınırları

Çalışmada organik gübre tesislerinin uygunluğunun tespit edilebilmesi için alan yazın taraması sonucu temel ve alt kriterler belirlenmiştir (Şekil 2). Bu kriterlere göre gerekli veriler temin edilerek CBS ortamında ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu doğrultuda Tekirdağ ilini kapsayan Corine 2018 arazi örtüsü verileri Avrupa Çevre Ajansı'ndan; 30 metre çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli USGS EarthExplorer'dan; 1:25.000 ölçekli sayısal toprak haritaları Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan; su kaynakları, yerleşme ve ulaşım ile ilgili veriler 1:250.000 ölçekli topografya haritalarından sağlanmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı 2021 verilerine göre organik gübre tesislerinin konumu Google Earth aracılığıyla belirlenmiş ve CBS ortamında Tabulate Area analizi ile alt kriter grupları içerisindeki organik gübre tesisi sayısı adet olarak belirtilmiştir (Anonim, 2021). Bu sayede kriter gruplarının önem dereceleri ortaya çıkmış ve kriterler buna göre yeniden sınıflandırılmıştır.

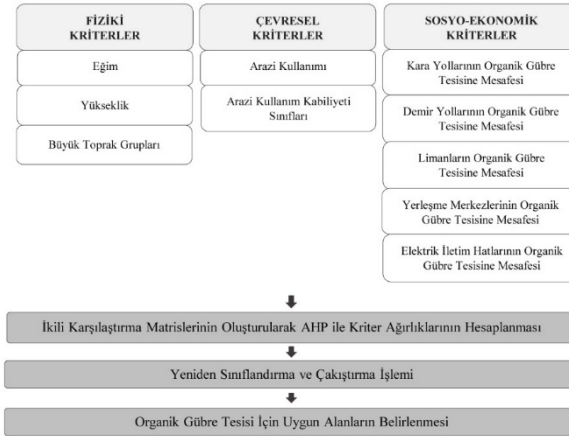


Figure 2. Method scheme
Şekil 2. Yöntem şeması

AHP sürecinde öncelikle temel kriterler (fiziki, çevresel ve sosyo-ekonomik kriterler) için 3x3, alt kriterler (eğim, yükseklik, büyük toprak grupları, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyeti sınıfları, kara-demir yollarına, limanlara, yerleşim merkezlerine ve elektrik enerjisi iletim hatlarına mesafe) için 10x10 boyutunda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Önem dereceleri Saaty'nin 9 seviyeli ölçeğine göre uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş ve tutarlılık oranı eşitlik 1'e göre değerlendirilmiştir (Saaty, 1980; Saaty, 1990; Saaty ve Alexander, 2015).

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi (CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)})}{\text{Rassallık Göstergesi (RI)}} \quad (\text{Eş.1})$$

Tutarlılık oranının hesaplanması adına ikili karşılaştırma matrisinin satırları için sütunlardaki kriterler toplam sütun ağırlığına bölünerek normalize matris sağlanmıştır. Bu matrisin her bir satırının ortalaması öncelikler vektörüne, bir başka ifadeyle kriter ağırlıklarına karşılık gelmektedir. Öncelikler vektörünün ikili karşılaştırma matrisi ile çarpılması sonucu elde edilen öncelikler matrisinde her satır toplamı öncelikler vektörüne bölünerek λ_{\max} değerine ulaşılmıştır. “n” değeri kriter sayısını ifade ederken, rastgele değer indeksi kriter sayısına göre belirlenmektedir. Hesaplamalar doğrultusunda elde edilen değer 0.10’dan küçük olduğu için çalışmanın tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Saaty, 1977). Mevcut duruma göre yeniden sınıflandırılan kriterler AHP sonucu elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak CBS ortamına aktarılmış ve organik gübre tesisleri için uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Organik gübre tesislerinin uygunluk analizini gerçekleştirilebilmek için temel ve alt kriterler belirlenmiş, kriterlerin organik gübre tesisleriyle aralarındaki korelasyon, CBS ortamında AHP yöntemi aracılığıyla hesaplanarak değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Toplam alan içinde mevcut organik gübre tesislerinin sayısı
Table 1. Number of existing organic fertilizer facilities in the total area

Eğim (%)	Toplam Alan (%)	Organik Gübre Tesisi (adet)
0-2	74.08	6
3-4	18.88	0
5-6	4.47	0
7-8	1.48	0
9-10	0.60	0
11-20	0.47	0
21-33	0.00	0
33-50	0.00	0
Yükselti (m)		
4-150	54.70	3
151-300	39.55	3
301-450	3.85	0
451-600	1.12	0
601-750	0.62	0
751-923	0.16	0
Büyük Toprak Grupları		
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	1456	4
Kahverengi Orman Toprakları	1010	2
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	1889	0
Vertisoller	1236	0
Alüvyal Topraklar	132	0
Kestanerengi Topraklar	1	0
Hidromorfik Topraklar	3	0
Diğer	505	0
Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları		
I	8.62	1
II	43.45	3
III	27.11	2
IV	9.04	0
V	0.04	0
VI	4.65	0
VII	4.95	0
VIII	0.04	0
Diğer Alanlar	2.09	0

Arazi Kullanımı		
Yerleşim Alanları	4.48	2
Tarımsal Alanlar	75.11	3
Doğal Bitki Örtüsü	15.90	0
Sulak Alanlar	0.75	0
Otlak Alanları	3.76	1
Kara Yollarının Organik Gübre Tesisine Mesafesi (km)		
0-2	41.17	4
3-4	24.17	2
5-6	24.17	0
7-8	7.09	0
9-10	2.80	0
11-12	0.59	0
13-14	0.01	0
Demir Yollarının Organik Gübre Tesisine Mesafesi (km)		
0-10	25.68	3
11-20	20.64	2
21-30	15.11	1
31-40	10.81	0
41-50	11.53	0
51-60	8.95	0
61-70	5.75	0
71-80	1.52	0
Limanların Organik Gübre Tesisine Mesafesi (km)		
0-10	4.26	1
11-20	9.81	0
21-30	14.93	1
31-40	17.46	0
41-50	20.56	1
51-60	16.83	2
61-70	10.89	0
70+	5.25	1
Yerleşmelerin Organik Gübre Tesisine Mesafesi (km)		
0-5	12.49	3
6-10	28.61	2
11-15	29.82	0
16-20	19.69	1
21-25	9.19	0
26-30	0.20	0
Elektrik Enerjisi İletim Hattının Organik Gübre Tesisine Mesafesi (km)		
0-2	31.98	4
3-4	21.42	1
5-6	16.29	0
7-8	10.78	0
9-10	7.70	0
11-20	11.13	1
21-30	0.69	0

3.1. Kriterlerin Analizi

Genellikle düz ve düze yakın bir topografik yapıya sahip olan Tekirdağ ilinin yaklaşık %74'ü, %2 eğime sahip olmakla birlikte, ildeki tüm tesisleri kapsamaktadır (Tablo 1, Şekil 3). Yükselti farkı oldukça az olan ilde mevcut organik gübre tesislerinin 300 m'ye kadar konumlanmış olduğu dikkat çekmektedir (Tablo 1, Şekil 4).

Bir organik gübre tesisi kurulurken tesisin tarım alanı yakınında olması ve tarımsal üretimin sağlanabildiği toprak tipinin seçilmesi ham madde temini ve ham maddeye yakınlık açısından önemlidir. Arazi örtüsü sınıfları, arazi kullanım kabiliyeti sınıfları ve toprak özellikleri verileri incelendiğinde Tekirdağ ilindeki tesislerin bu doğrultuda seçim yaptığı görülmektedir (Tablo 1, Şekil 5-6). Arazi kullanım kabiliyeti sınıflarına göre I, II, III, IV sulamaya elverişli tarıma uygun; V, VI, VII sulamaya elverişsiz tarıma uygun; VIII tarıma elverişsiz arazi olarak kodlanmaktadır. Tüm organik gübre tesisleri I, II, III kodlu araziler üzerinde yer almaktadır (Tablo 1, Şekil 7). Bir tesisin ulaşım ve taşıma

açısından kara-demir yolları ile limanlara; pazar imkanı açısından yerleşim merkezlerine ve en önemlisi tesisin faaliyeti gösterebilmesi için elektrik enerjisi iletim hatlarına yakın olması gerekmektedir. Tekirdağ ilindeki organik gübre tesisleri kara yollarına 4 km; demir yollarına 30 km; yerleşim merkezlerine ve elektrik enerjisi iletim hatlarına 20 km yakınlıkta bulunmaktadır (Tablo 1, Şekil 8-9-10-11). Deniz ulaşımı diğer ulaşım türlerine göre daha pahalı olduğu ve uluslararası faaliyet gösterdiği için organik gübre tesislerinin limanlara yakınlık tercihi göreceli bir durum göstermektedir (Tablo 1, Şekil 12).



Figure 3. Slope
Şekil 3. Eğim

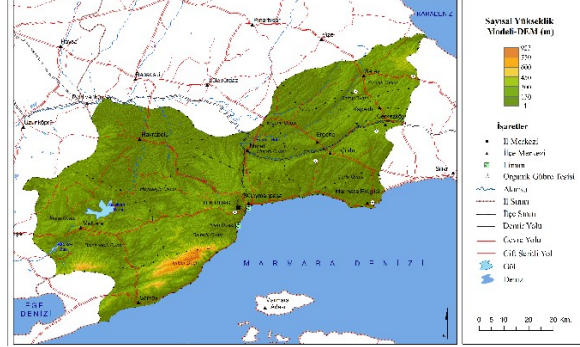


Figure 4. Elevation
Şekil 4. Yükselti

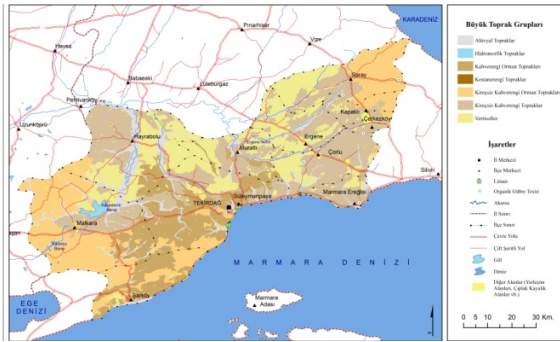


Figure 5. Big Soil Groups
Şekil 5. Büyük toprak grupları

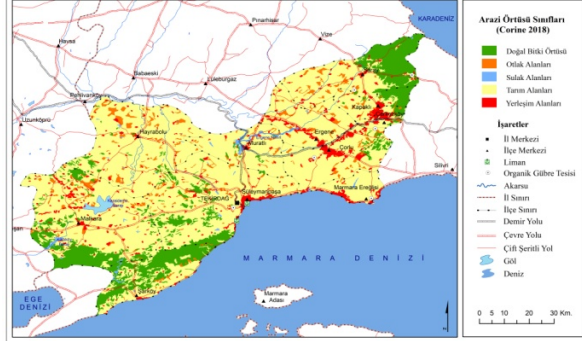


Figure 6. Land use
Şekil 6. Arazi kullanımı



Figure 7. Land use capability classes
Şekil 7. Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları

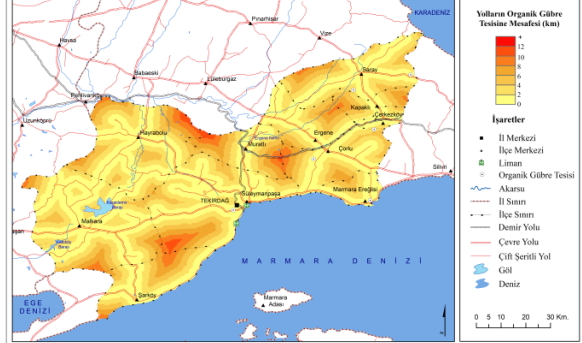


Figure 8. Distance to highways
Şekil 8. Kara yollarına mesafe

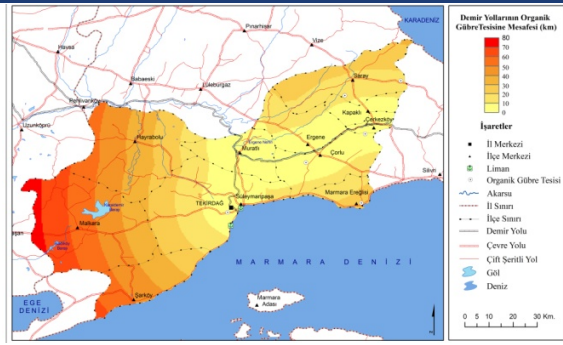


Figure 9. Distance to railways
Şekil 9. Demiryollarına mesafe

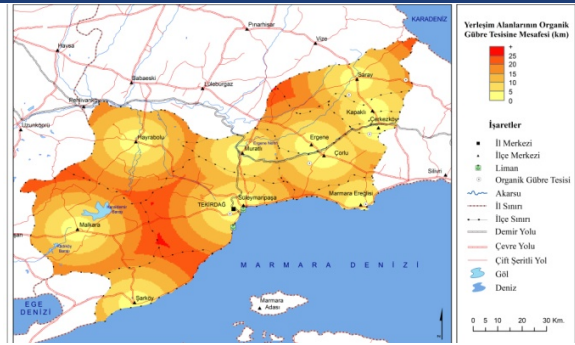


Figure 10. Distance to settlement centers
Şekil 10. Yerleşim merkezlerine mesafe

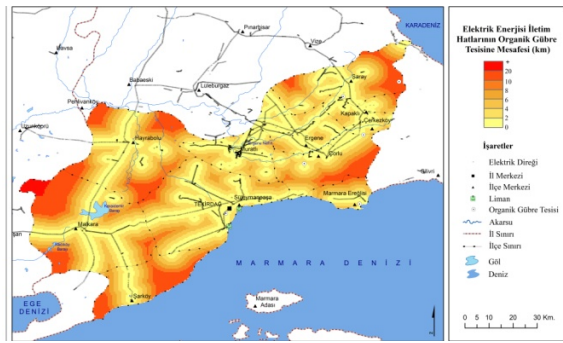


Figure 11. Distance to electricity transmission line
Şekil 11. Elektrik iletim hattına mesafe

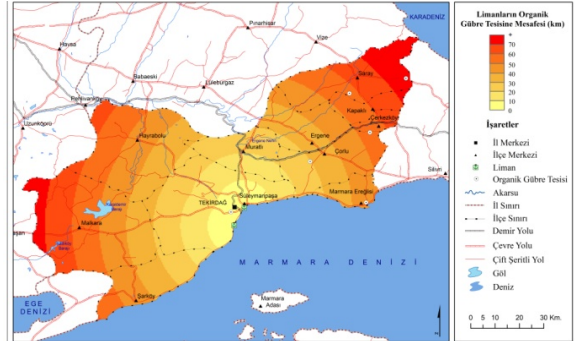


Figure 12. Distance to ports
Şekil 12. Limanlara mesafe

3.2. AHP ile Kriter Ağırlıklarının Tayini

Organik gübre tesislerinin uygunluk analizi doğrultusunda, öncelikle temel kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak ağırlıkları belirlenmiş ve tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 2-3).

Tablo 2. Temel kriterler için ikili karşılaştırma matrisi

Table 2. Pairwise comparison matrix for basic criteria

	Fiziki Kriterler	Çevresel Kriterler	Sosyo-ekonomik Kriterler
Fiziki Kriterler	1	0.25	0.33
Çevresel Kriterler	4	1	1.00
Sosyo-ekonomik Kriterler	3	1	1

Tablo 3. Temel kriterler için normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi ve öncelikler vektörü (kriter ağırlıkları)

Table 3. Normalized comparison matrix and priority vector (criterion weights) for basic criteria

	Fiziki Kriterler	Çevresel Kriterler	Sosyo-ekonomik Kriterler	Öncelikler Vektörü (Kriter Ağırlıkları)
Fiziki Kriterler	0.13	0.11	0.14	0.13
Çevresel Kriterler	0.50	0.44	0.43	0.46
Sosyo-ekonomik Kriterler	0.38	0.44	0.43	0.42

İkili karşılaştırma matrisiyle kriter ağırlıkları çarpılarak yeni bir matris oluşturulmuştur. Bu matrisin her satırı toplanarak kriter ağırlıklarına bölünmüştür. Elde edilen değerlerin ortalaması alınarak max değeri 3.0 bulunmuştur. Kriter sayısına göre belirlenen rastgele değer indeksi 0.58 olarak alınmıştır (Saaty, 1987; Eleren, 2010; Altun ve Demir 2015; Misra ve Panda, 2017; Taherdoost, 2017; Oral ve ark., 2021). Tutarlılık oranı hesaplandığında elde edilen sonuç 0.10'dan küçük olduğu için tutarlı olduğu doğrulanmıştır (Eş.2).

$$Tutarlılık Oranı (CR) = \frac{\left(\frac{3.0-3}{3-1}\right)}{0.58} = 0.008 \quad (\text{Eş. 2})$$

Aynı yöntem alt kriterlere de uygulanarak kriter ağırlıkları belirlenmiş tutarlılık oranı değerlendirilerek tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Eş.3, Tablo 4-5). Bu doğrultuda max değeri 10.1 bulunmuştur. Kriter sayısına göre belirlenen rastgele değer indeksi 1.49 olarak alınmıştır (Saaty, 1987; Aguarón ve Moreno-Jiménez, 2003; Alonso ve Lamata, 2006; Eleren, 2010; Altun ve Demir, 2015; Misra ve Panda, 2017; Taherdoost, 2017; Oral ve ark., 2021).

$$Tutarlılık Oranı (CR) = \frac{\left(\frac{10.1-10}{10-1}\right)}{1.49} = 0.009 \quad (\text{Eş.3})$$

Tekirdağ ilinde mevcut organik gübre tesislerinin bulunduğu kriter aralıkları ve kriter ağırlıkları dikkate alınarak CBS ortamında "Arazi Uygunluk Haritası = ((“eğim” * 0.02) + (“yükselti” * 0.03) + (“toprak” * 0.06) * 0.13) + (“arazi kullanımı” * 0.17) + (“arazi kullanım kabiliyeti sınıfları” * 0.12) * 0.46) + (“kara yollarına mesafe” * 0.11) + (“demir yollarına mesafe” * 0.07) + (“limanlara mesafe” * 0.06) + (“yerleşim merkezlerine mesafe” * 0.04) + (“elektrik iletim hatlarına mesafe” * 0.31) * 0.42)).” formülü ile çakıştırma işlemi yapılmış ve Tekirdağ ilinin organik gübre tesisleri için uygunluk durumu elde edilerek harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 13).

Tablo 4. Alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisi
Table 4. Pairwise comparison matrix for sub-criteria

	Eğim	Yükseklik	Toprak	Arazi Kullanım	Arazi Kullanımı	Kara Yoluna Mesafe	Demir Yoluna	Limana Mesafe	Yerleşim Mer. Mesafe	Elektrik İletim Hatları	Mesafe
Eğim	1	0.50	0.25	0.25	0.20	0.20	0.25	0.33	0.25	0.14	
Yükseklik	2	1	0.33	0.33	0.25	0.25	0.33	0.50	0.33	0.17	
Toprak	4	3	1	0.33	0.25	0.33	0.50	0.50	3	0.20	
Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları	4	3	3	1	0.50	2	3	4	4	0.20	
Arazi Kullanımı	5	4	4	2	1	3	4	5	5	0.25	
Kara Yollarına Mesafe	5	4	3	0.50	0.33	1	3	3	5	0.25	
Demiryoluna Mesafe	4	3	2	0.33	0.25	0.33	1	2	4	0.20	
Limana Mesafe	3	2	2	0.25	0.20	0.33	0.50	1	3	0.20	
Yerleşim Merkezlerine Mesafe	4	3	0.33	0.25	0.20	0.20	0.25	0.33	1	0.14	
Elektrik İletim Hatlarına Mesafe	7	6	5	5	4	4	5	5	7	1	

Tablo 5. Alt kriterler için normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi ve öncelikler vektörü (kriter ağırlıkları)
Table 5. Normalized comparison matrix and priority vector (criterion weights) for sub-criteria

	Eğim	Yükseklik	Toprak	Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları	Arazi Kullanımı	Kara Yoluna Mesafe	Demir Yoluna Mesafe	Limana Mesafe	Yerleşim mer. Mesafe	Elektrik İletim Hatlarına Mesafe	Öncelikler Vektör (Kriter Ağırlıkları)
Eğim	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.05	0.02
Yükseklik	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.06	0.03
Toprak	0.10	0.10	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.09	0.07	0.06
Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları	0.10	0.10	0.14	0.10	0.07	0.17	0.17	0.18	0.12	0.07	0.12
Arazi Kullanımı	0.13	0.14	0.19	0.20	0.14	0.26	0.22	0.23	0.15	0.09	0.17
Kara Yollarına Mesafe	0.13	0.14	0.14	0.05	0.05	0.09	0.17	0.14	0.15	0.09	0.11
Demiryoluna Mesafe	0.10	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.06	0.09	0.12	0.07	0.07
Limana Mesafe	0.08	0.07	0.10	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.09	0.07	0.06
Yerleşim mer. Mesafe	0.10	0.10	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.05	0.04
Elektrik İletim Hatlarına Mesafe	0.18	0.20	0.24	0.49	0.56	0.34	0.28	0.23	0.21	0.36	0.31

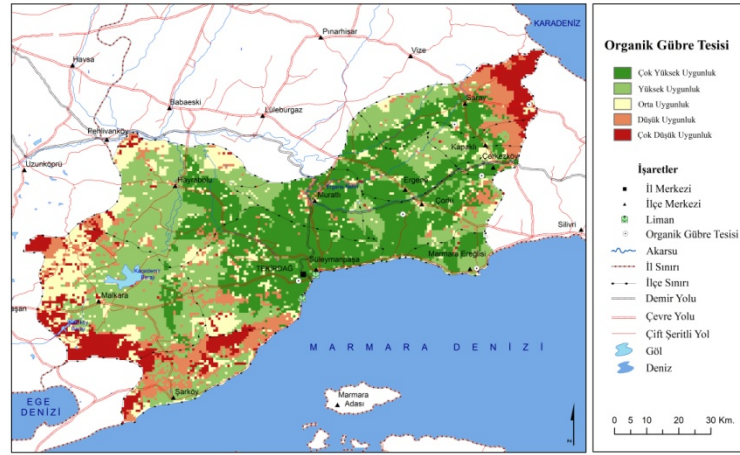


Figure 13. Tekirdağ province organic fertilizer plant suitability map
Şekil 13. Tekirdağ ili organik gübre tesisi uygunluk haritası

Tablo 6. Tekirdağ ili uygunluk durumuna göre tesis sayısı

Table 6. Number of facilities according to Tekirdağ province eligibility status

Uygunluk Durumu	Toplam Alan (%)	Organik Gübre Tesisi (adet)
Çok Yüksek	33.98	2
Yüksek	34.40	2
Orta	12.63	2
Düşük	10.79	0
Çok Düşük	8.20	0

Organik gübre tesisi için uygunluk durumu incelendiğinde mevcut tesislerin çok yüksek-yüksek-orta uygunluk gösteren alanlarda yer aldığı görülmektedir. Bu alanlar toplam alanın %81.01'ini oluşturmaktadır. Toplam alanın %18.99'u çok düşük ve düşük uygunluk göstermekle beraber bu alanlarda daha çok milli park ve ormanlar bulunmasından dolayı mevcut organik gübre tesisi bulunmamaktadır (Tablo 6).

4. Sonuç

Uygun arazi seçim süreci işletmenin sürdürülebilirliği açısından stratejik öneme sahip önemli bir karardır. Bu sürecin doğru yönetilmesi tarımsal işletmelerin ve paydaşlarının, sağlıklı ve uzun süreli bir ticari ekosistem kurmaları konusunda kritik öneme sahiptir. Tekirdağ'daki mevcut organik gübre tesisleri kuzeydoğu bölgesinde, verimin yüksek olduğu tarım alanları üzerinde kurulu olmasından dolayı gübre ihtiyacına yönelik güneybatı bölgesinde de tesislerin sayısının artırılması önerilmektedir.

CBS ortamında AHP yöntemi doğrultusunda yapılan bu çalışma, bu amaçla yapılacak akademik çalışmaların, tarımsal ve bölgesel kalkınma planlarının yanında hükümetlerin potansiyel tarım politikalarında kararlar almasına olanak sağlayabilecektir. Çalışmanın sonuçları tarımsal üretimde elde diledik gelirin artmasında, tarımsal yönetim planlarının oluşturulmasında; çiftçilere, bölge planlamacılarla ve diğer ilgililerin çıkarım yapmasına uygun niteliktedir. Bir organik gübre tesisinin en uygun koşulların sağlandığı bölgede kurulması özellikle ham madde temininde kolaylık sağlayacağından, üretime faydalı olması ve ekonomik değeri arttırmasıyla sektörün gelişmesini destekleyecektir. Tarımsal atıkların, organik gübre tesislerinde değerlendirilmesi, yakma gibi geleneksel yöntemlerle çevreye verilen zararı azaltıp, küresel ısınmaya etkisini indirgeyerek sürdürülebilir bir çevre doğrultusunda yapılacak iyi tarım uygulamalarına fayda sağlayacaktır. Tarımsal işletmelerin uygun alan seçiminde çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, çevre etki raporlarının yanı sıra CBS ortamlarında AHP yöntemi gibi matematiksel modellemelerle elde edilecek verilerin kullanımı ile sosyal ve ekonomik kalkınma planlarını oluşturmada ilgililere önemli bir kılavuz oluşturabilecektir.

Kaynakça

- Aguarón, J., Moreno-Jiménez, J.M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 137-145.
- Akpınar, O., Erdoğan, K., Bostancı, S. (2009). Enzymatic production of xylooligosaccharide from selected agricultural wastes. *Food and Bioproducts Processing*, 87(2), 145-151.
- Alonso, J.A., Lamata, M.T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, 14(04), 445-459.
- Altun, A., Demir, Y. (2015). Analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile tarımsal araştırma projelerinin değerlendirilmesi ve seçimi. *Toprak Su Dergisi*, 4(2), 41-48.
- Anonim (2021). Tarım Orman Bakanlığı Organik Gübre İşletmeleri, https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Veteriner%20Hizmetleri/HayvansalYanUrunIsletme/organik_gubre_tesisleri.pdf, (Erişim Tarihi: 02.02.2021).
- Bellitürk, K., Sağlam, M.T. (2005). Tekirdağ ili topraklarının mineralize olan azot miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri üzerinde bir araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 89-101.
- Bhuvaneshwari, S., Hettiarachchi, H., Meegoda, J.N. (2019). Crop residue burning in India: Policy challenges and potential solutions. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 16(5), 832.
- ÇEM. (2018). Toprak Organik Karbonu Projesi, Teknik Özet, Ankara, Türkiye.
- Çetin, M., Saygın, S., Demir, H. (2020). Tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisi: türkiye ekonomisi için bir eşbütünlük ve nedensellik analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 329-345.
- Demirel, B., Gürdil, G. (2018). Fındık zürufu atığından yakıt briketi elde edilmesi ve briquete ait bazı özelliklerin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(1), 24-29.
- Eleren, A. (2010). Kuruluş yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile belirlenmesi; deri sektörü örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 405-416.
- Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., Garivait, S. (2009). Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environmental Pollution*, 157(5), 1554-1558.
- García, J. L., Alvarado, A., Blanco, J., Jiménez, E., Maldonado, A. A., & Cortés, G. (2014). Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an analytic hierarchy process. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 60-69.
- Gómez-Muñoz, B., Magid, J., Jensen, L.S. (2017). Nitrogen turnover, crop use efficiency and soil fertility in a long-term field experiment amended with different qualities of urban and agricultural waste. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 300-313.
- Mirak, M. (2005). *Biberde bakteriyel leke etmeni Xanthomonas axonopodis pv. vesicatoria'nın tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanakları*. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Güçdemir, İ.H. (2006). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. S. 1-183. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayın No. 231, Teknik yayın no:T.69, Ankara.
- Herzberg, R., Pham, T. G., Kappas, M., Wyss, D., & Tran, C. T. M. (2019). Multi-criteria decision analysis for the land evaluation of potential agricultural land use types in a hilly area of Central Vietnam. *Land*, 8(6), 90.
- Kaur, T., Brar, B. S., Dhillon, N.S. (2008). Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic fertilizers under maize-wheat cropping system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81(1), 59-69.
- Kumar, A., Pramanik, M., Chaudhary, S., & Negi, M. S. (2021). Land evaluation for sustainable development of Himalayan agriculture using RS-GIS in conjunction with analytic hierarchy process and frequency ratio. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(1), 1-17.
- Küçükönder, M., Karabulut, M. (2007). Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-23.
- Mercan, Y., Yılmaz, E., Sezgin, F., Ünal, H.B. (2017). Tarımsal işletme yeri seçiminde coğrafi bilgi sistemi destekli çok ölçütlü karar analizi uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(Özel Sayı (BSM 2017)), 88-102.
- Mishra, A. K., Deep, S., Choudhary, A. (2015). Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 181-193.
- Misra, S., Panda, R. K. (2017). Environmental consciousness and brand equity: an impact assessment using analytical hierarchy process (ahp). *Marketing Intelligence & Planning*.
- Oral, N., Yumuşak, R., Eren, T. (2021) AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırkkale ilinde bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 115-124.

- Ödeker, B., Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Polat, M. (2015). Bir organik gübre tesisine ait üretim hattı üniteleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(3), 275-283.
- Saaty, R.W. (1987) The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176.
- Saaty, T. L. (1977). A Scaling Method For Priorities In Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1980) *The Analytical Hierarchy Process*. New York: Mc Grow-Hill Company.
- Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T.L., Alexander, J.M. (2015). Thinking with models. Pittsburg: RWS Publications.
- Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S., Keçeci, M. (2018). Türkiye Topraklarının Bazı Verimlilik Ve Organik Karbon (TOK) İçeriğinin Coğrafi Veritabanının Oluşturulması (in Turkish). Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu TAGEM. *Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu TAGEM*, 13.
- Taherdoost, H. (2017). Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step By Step Approach. *International Journal of Economics and Management Systems*, 2, 244-246.
- Ünal, Z., Çetin, E.İ. (2019). Gübre üreticisinin hedef pazar seçiminde bütünlük AHP-TOPSIS yöntemi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 357-364.
- Weber, J., Karczewska, A., Drozd, J., Licznar, M., Licznar, S., Jamroz, E., Kocowicz, A. (2007). Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6), 1294-1302.
- Xue, L., Zhang, P., Shu, H., Wang, R., Zhang, S. (2016). Agricultural waste. *Water Environment Research*, 88(10), 1334-1369.

Yield and Yield Components of White Lupine Under Different Ecological Conditions

Vivien PÁL¹, Oqba BASAL^{1*}, Zsuzsa ERDŐS¹, Szilvia VERES², László ZSOMBÍK¹


Abstract


White lupine (*Lupinus albus* L.), with its favorable agrotechnical specifications, is a very important legume. Its water demand is relatively low, yet fluctuations in water amount and/or distribution during its life cycle might influence its performance. An experiment was carried out at 3 locations in Hungary; “Debrecen”, “Jobbágyi” and “Nyalka” in 2020 to investigate certain yield components performance; namely pod number plant⁻¹, seed number plant⁻¹, seed weight plant⁻¹ and 1000-seed weight, as well as the final seed yield of white lupine (cv. Nelly). In addition, the average seed size (calculated as a percentage from the final seed yield) was also calculated. Soil was slightly alkaline in “Nyalka”, whereas it was acidic in the other 2 locations. Precipitation was higher in “Debrecen” from April to July. Results showed that “Debrecen” location had significantly higher pod number plant⁻¹, seed number plant⁻¹ and seed weight plant⁻¹, leading to significantly higher seed yield compared to “Jobbágyi” and “Nyalka” locations. Seed yield was strongly-positively correlated with most of the seed component traits. In addition, “Debrecen” location had the highest average of bigger seeds (over 9 mm) and the lowest average of smaller seeds (between 3.5 – 9 mm). It could be concluded that white lupine performance in the study areas is highly associated with both the precipitation amount and distribution throughout the plant’s vegetative period, as well as with the soil pH. More thorough studies concerning potential enhancements in white lupine’s growth and yield with the availability of specific nourishers might be an additional database enrichment, especially with the lack of such data in the studied areas.


Keywords: Climate sensitivity, Lupine, Pod number, Precipitation, Soil pH

¹ Vivien Pal, University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary.

E-mail: pal.vivien@agr.unideb.hu  ORCID: 0000-0003-1831-5695.

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Oqba Basal, University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary. E-mail: oqba@agr.unideb.hu  ORCID: 0000-0002-2396-6591.

¹ Zsuzsa Erdős, University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary. E-mail: erdoszs@agr.unideb.hu  ORCID: 0000-0001-6618-0217.

² Szilvia Veres, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Debrecen, Hungary. E-mail: szveres@agr.unideb.hu  ORCID: 0000-0003-4509-789X.

¹ Laszlo Zsombik, University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary.

E-mail: zsombik@agr.unideb.hu  ORCID: 0000-0003-0908-0302.

Atıf/Citation: Pal V., Basal O., Erdős Z., Veres S., Zsombik L. Yield and Yield Components of White Lupine Under Different Ecological Conditions. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 730-738.

1. Introduction

Species belonging to Fabaceae plant family are well known to be the best forecrop for cereal monocultures, especially with the fact that these species fix atmospheric nitrogen (Gan et al. 2015). Although much of fixed N is used by the legume itself, yet the rest can be exploited by successive cereal, leading to enhanced protein content (Armstrong et al. 1997; Kalembasa et al. 2014).

Lupine is one of the most important legumes, as some of its species are consumed by humans, while others are used in animal feeding either as green forage or as protein supplements in the form of grains. Moreover, it can be used as a green manure. It has low phosphorus demand, and the crude protein content ($300\text{-}500\text{ g kg}^{-1}$) and oil ($50\text{-}100\text{ g kg}^{-1}$) is high (Bolland and Brennan, 2008; Calabrò et al., 2015; Huyghe, 1997).

Although water requirements for lupines are not high, yet they are reported to be susceptible to water deficiency and to grow better in moist, non-waterlogged soils with pH of 7 or less (Polit et al., 2019; Rashad et al., 2018). However, different species of lupine were reported to respond differently to weather unfavorable conditions occurring during the growing season (Dracup et al., 1998; Gresta et al., 2017).

White lupine (*Lupinus albus* L.) is one of the four species of this genus (in addition to *L. angustifolius*, *L. luteus*, *L. mutabilis*). It can be grown in a wide soil-type range (Weisskopf et al., 2006). Its pods stay closed when matured, and can fairly stick to the stalks, resulting in minimal losses at harvest (Khalimullina et al., 2019). In addition, the growth rate of white lupine is rapid, especially during early growing stages, with $14\text{-}16\text{ }^{\circ}\text{C}$ for vegetative organ formation and $16\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for anthesis as the optimum temperatures (Mazur et al., 2018).

In Hungary, the breeding of white-flowered sweet lupine species (*Lupinus albus* L.) was started in 1943 by Vilmos Teichmann. The breeding was justified by the recognition that few protein-rich fodder plants grow on acidic sandy soils, so sweet lupine could help with two major problems of crop production in weak soils; fodder shortage and soil replenishment, promoting more efficient farming (Borbély, 2003). In addition to high productivity and vigorous growth, the primary objective of breeding was low alkaloid content (Teichmann, 1952). The sweet lupine variety (Nelly) was granted state recognition in 1985, the main breeding objective of which was to increase drought tolerance and resistance to pathogens in addition to increasing nutritional parameters and productivity (Borbély, 2007). To our best knowledge, no English paper dealing with white lupine's growth and production under different conditions in the territory of Hungary was published, so this experiment aimed at studying the yield and yield components of white lupine (*Lupinus albus* L. cv. Nelly) in 3 different locations in Hungary with different soil and meteorological conditions.

2. Materials and Methods

This experiment aimed at evaluating the yield components and seed size ratios of lupine (*Lupinus albus* L. cv. Nelly) at 3 locations in Hungary (Figure 1); namely: Debrecen ($47.549164, 21.456522$), Jobbágyi ($47.820811, 19.668177$) and Nyalka ($47.555106, 17.795270$).

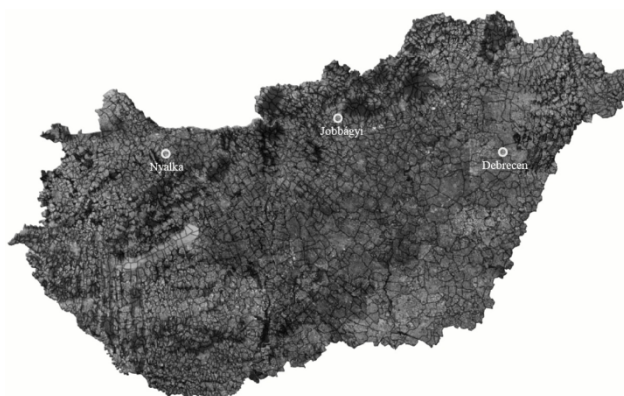


Figure 1. Experimental locations of white lupine yield performance, Hungary, 2020

The soil type in “Jobbágyi” and “Nyalka” locations is luvisol, whereas the soil type in “Debrecen” is chernozem. Soil chemical analysis was carried out before sowing, and results are shown in Table 1.

Table 1. Soil chemical analysis in Jobbágyi, Nyalka and Debrecen locations, Hungary, 2020

Location	Jobbágyi	Nyalka	Debrecen
pH (KCl 1:2,5) [-]	4.95	7.38	5.34
Arany-type plasticity index [K _A]	44.82	35.85	37.52
Total soluble salt content [m/m%]	0.02	<0.02	<0.02
Carbon content [m/m%]	<0.1	2.61	<0.1
Organic matter content [m/m%]	1.49	1.46	2.26
Nitrogen-nitrit+nitrate (KCl soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	10.42	4.75	5.15
Magnesium (KCl soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	277.43	102.10	230.30
Sulfur (KCl soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	3.71	1.34	1.45
Potassium-oxide (AL-soluble) [mgkg ⁻¹ d.m]	250.51	212.39	418.28
Natrium (AL-soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	26.61	20.96	21.13
Phosphorus-pentoxide (AL-soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	39.98	136.94	355.30
Cu (KCl - EDTA soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	4.28	2.15	3.36
Mn (KCl - EDTA soluble) [mgkg ⁻¹ d.m]	326.27	135.17	347.40
Zn (KCl - EDTA soluble) [mg kg ⁻¹ d.m]	0.94	0.68	1.27

In “Jobbágyi”, soil pH was 4.95, indicating acidic soil dominance. In addition, soil plasticity (44.82 K_A) was the highest among all locations. The organic matter content was low. Nitrogen content was low compared to the other locations. Potassium-oxide content was high. Phosphorus was very low compared to the other experimental sites.

In “Nyalka”, soil pH was neutral (7.38). Plasticity index was medium (35.85 K_A). Organic matter content was very similar to “Jobbágyi” location (1.46%). Nitrogen content was low (4.25 mg kg⁻¹). Potassium content was high (219.39 mg kg⁻¹). Phosphorus content was medium (136.94 mgkg⁻¹).

In “Debrecen”, soil pH was acidic (5.34). Soil plasticity index was close to “Nyalka” (37.52 K_A). Organic matter content was the highest among the sites (2.26%). Nitrogen content was low. Potassium content was the highest among sites (418.28 mg kg⁻¹). Phosphorus content was high (355.3 mg kg⁻¹).

For the other nutrients, no measurable differences that would affect lupine development were detected.

The experiment was carried out during 2020 in a completely randomized design with 3 replications in “Debrecen” and 4 replications in “Nyalka” and “Jobbágyi”.

In “Debrecen” and “Jobbágyi”, the plot size was 22.5 m², the row distance was 75 cm in both locations, with 3 rows per plot. Each plot was 10 m long. In “Nyalka”, the plot size was 20 m², with row distance of 50 cm. Each plot had 4 rows of 10 m long.

In “Jobbágyi”, the forecrop was winter wheat. Sowing date was 26th of March. The seed rate was 105 kg ha⁻¹ (350,000 seeds ha⁻¹). Simultaneously, 150 kg ha⁻¹ of DASA (26% N, 13% S) fertilizer was applied. The experimental site was inter-row cultivated twice. The plots were manually harvested at full maturity stage on 11th of August.

In “Nyalka”, the forecrop was hairy vetch, sowing date was 3rd of April, with a seed rate of 140 kg ha⁻¹ (450 000 seeds ha⁻¹). Inter-row cultivator was used 5 times and weed harrowing was applied 3 times in the lupine field to control weeds. Given that the area is bio-classified, no fertilizer was applied. The harvest was done by hand at full maturity stage on 8th of August.

In “Debrecen”, the forecrop was sweet corn. Before sowing, 300 kg ha⁻¹ MAS (27% N) fertilizer was applied. Sowing date was 04th of April, with a seed rate of 105 kg ha⁻¹ (350 000 seeds ha⁻¹). An inter-row cultivator was used three times. The harvest was manually done for each plot at full maturity stage on 18th of August.

Weather conditions of the experimental sites during the growing period are shown in *Figure 2*.

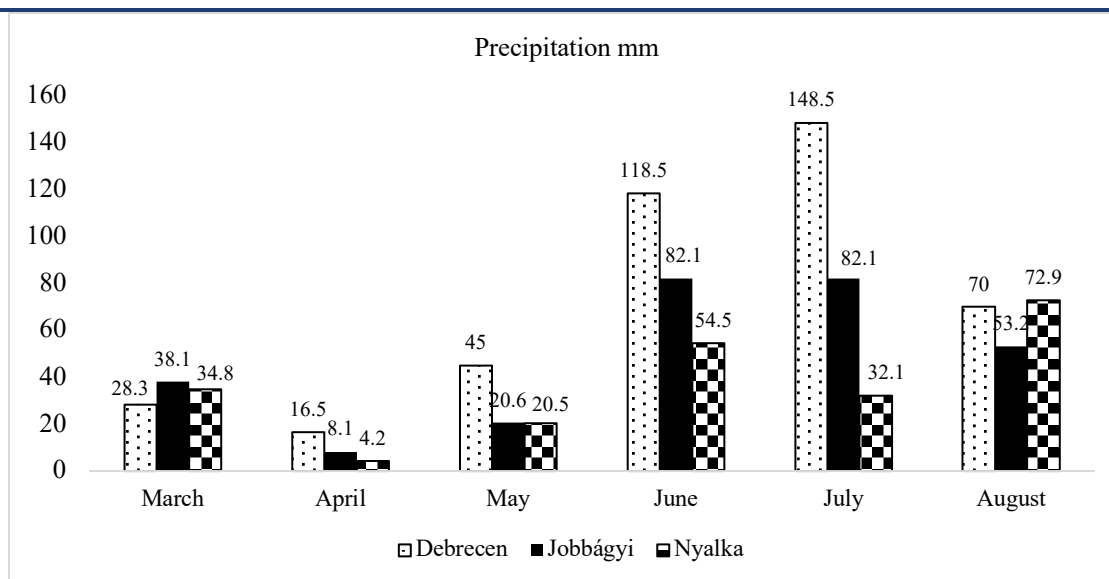


Figure 2. Average precipitation(mm) in Jobbágyi, Debrecen and Nyalka during the growing period of lupine, Hungary 2020

The total amount of precipitation in the growing season (from March to August) was almost two times more in “Debrecen” (426.8 mm) than “Jobbágyi” (284.2 mm) and “Nyalka” (219.0 mm). During the period of germination and early development, a small amount of precipitation was recorded in “Jobbágyi” and “Nyalka”; only 8.1 mm and 4.2 mm in April, and 20.6 mm and 20.5 mm in May, respectively. By contrast, in “Debrecen” there was 16.5 mm of precipitation in April and 45 mm in May. In June and July, 118.5 mm and 148.5 mm of precipitation were recorded in “Debrecen”, which was favorable for the vegetative development of lupine. In “Jobbágyi”, the amount of precipitation in June and July proved to be satisfactory (82.1 mm), while in “Nyalka” there was 54.5 mm of precipitation in June, 40% of which was in one day (14th), and 32.1 mm in July.

As for evaluating the temperatures during the growing period, the highest number of hot days (average daily temperature higher than 25 °C) was recorded in “Nyalka” (1 day in June, 4 days in July, 3 days in August). In “Jobbágyi”, 5 hot days occurred in August, while in “Debrecen” the average temperature only exceeded 25 °C once in August.

Calculations of pod number plant⁻¹, seed number plant⁻¹, seed yield plant⁻¹ were made by measuring each plant in each plot and then calculating the average value. Based on the collected plant samples (Debrecen: 1280 plants; Jobbágyi: 1767 plants; Nyalka: 1954 plants), the level of lupine yield was determined by the individual productivity of plants, which, in turn, depends on the amplitude of the change in the number of pods per plant and the mass of seeds on the stalk. The thousand-seed weight was determined on the basis of the seed weight and seed number harvested from the plots. The seeds were divided into different size fractions with a *Kamas* type sieve, the seeds were divided into size ranges larger than 9 mm, between 9 mm and 3.5 mm and less than 3.5 mm, then the ratio of different size fractions to total harvested yield were measured.

SPSS software (ver. 26, IBM, USA) was run to compare the means and analyze the variance among locations, followed by Tukey’s post hoc analysis to indicate the significant differences where applicable, and Pearson’s correlation test was run to indicate the correlation coefficient among the studied traits.

3. Results and Discussion

3.1. Yield Components

“Debrecen” location had significantly higher pod number plant⁻¹, compared to “Jobbágyi” and “Nyalka”. The pod number plant⁻¹ in “Debrecen” was 62.2% and 140% higher compared to “Jobbágyi” and “Nyalka”, respectively. Although “Jobbágyi” had relatively higher seed number plant⁻¹ than “Nyalka”, yet both locations had significantly lower seed number plant⁻¹ (by 43% and 65%, respectively) than the location in “Debrecen”. “Nyalka”

produced the lowest seed weight (g plant⁻¹), whereas “Debrecen” had significantly higher seed weight (g plant⁻¹) than both “Jobbágyi” and “Nyalka” locations. “Jobbágyi” location had the lowest, whereas “Debrecen” had the highest 1000-seed Weight. However, the differences among the three locations were slight and insignificant (Table 2).

Table 2. Pod number, seed number, seed weight, seed yield and 1000-seed weight of white lupine in Debrecen, Jobbágyi and Nyalka, Hungary, 2020

Location	Pod Number plant ⁻¹	Seed Number plant ⁻¹	Seed Weight (g plant ⁻¹)	Seed Yield (kg ha ⁻¹)	1000-seed Weight (g)
Debrecen	12.0 ^a	43.9 ^a	12.7 ^a	2,378.3 ^a	279.5 ^a
Jobbágyi	7.4 ^b	25.0 ^b	6.7 ^b	1,315.4 ^b	264.1 ^a
Nyalka	5.0 ^b	15.3 ^b	4.1 ^b	1,001.4 ^b	276.1 ^a

- Different letters within each trait indicate significant difference at .05 level among locations. n = 3

3.2. Seed Yield (kg ha⁻¹)

“Debrecen” location produced significantly higher seed yield (kg ha⁻¹) than all other locations. The seed yield in “Debrecen” was 80.8% and 137.5% higher than in “Jobbágyi” and “Nyalka”, respectively. “Nyalka” had the lowest seed yield. Averaged over all locations, seed yield was strongly-positively correlated with all seed component traits, with the exception of 1000-seed weight (where the correlation was still positive, yet not strong). Moreover, the correlation was strong and positive with the bigger seed size, but strong and negative with the smaller seed size (Table 3).

Table 3. Correlation coefficients (average over all locations) among the examined parameters

	Pod Number plant ⁻¹	Seed Number plant ⁻¹	Seed Weight plant ⁻¹	Thousand Seed Weight (g plant ⁻¹)	Yield (kg ha ⁻¹)	Average seed size over 9 mm (%)	Average seed size between 3,5-9 mm (%)
Pod Number plant ⁻¹	1	.992**	.979**	.031	.678*	.712**	-.708**
Seed Number plant ⁻¹	.992**	1	.993**	.039	.720**	.747**	-.744**
Seed Weight plant ⁻¹	.979**	.993**	1	.133	.777**	.792**	-.790**
1000-Seed Weight (g plant ⁻¹)	.031	.039	.133	1	.294	.363	-.364
Seed Yield (kg ha ⁻¹)	.678*	.720**	.777**	.294	1	.734**	-.737**
Average seed size over 9 mm (%)	.712**	.747**	.792**	.363	.734**	1	-1.000**

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

3.3. Average Seed Size (%)

The highest average of bigger seeds (over 9 mm) and the lowest average of smaller seeds (between 3.5 – 9 mm) was recorded in “Debrecen” location, where the difference was significant compared to the other locations, followed by “Nyalka” and “Jobbágyi”, respectively (Table 4). The bigger seed size was strongly correlated with all traits except for the correlation with the 1000-seed weight, where the correlation was still normal and with the smaller seed size where it was negative (Table 3).

Table 4. Ratio of different seed sizes at the studied locations, Hungary, 2020

Location	Average seed size over 9 mm (%)	Average seed size between 3,5-9 mm (%)
Debrecen	59.3 ^a	40.1 ^b
Jobbágyi	25.4 ^b	74.0 ^a
Nyalka	33.2 ^b	66.4 ^a

- Different letters within each trait indicate significant difference at .05 level among locations.

4. Discussion

4.1. Yield Components

Our results showed that “Nyalka” had the lowest yield among the three studied locations, where the soil pH was the highest (Table 1). It was previously reported that the growth rate of white lupine (cv. Alban) plants was significantly reduced with increasing the nutrient solution pH. As a result, the shoot biomass significantly decreased (to 1.79 g plant⁻¹) when the solution’s pH was 7.5, relative to 5.5 and 6.5 where the biomass gradually, yet insignificantly, decreased to 2.38 and 2.20 g plant⁻¹, respectively. The highest biomass (2.39 g plant⁻¹) was achieved under the solution’s pH conditions of 4.5 (Bertoni et al., 1992). Earlier, Bertoni et al. (1990) reported similar conclusion.

Both the 1000-seed weight and the pod number plant⁻¹ can vary based on the available water for plants (Podleśna et al. 2014), which is supported by our findings. The higher pod number plant⁻¹ resulted in higher seed yields of different white lupine cultivars (Borowska et al., 2015). We also found a significant correlation ($r = 0.678$) (Table 3) between pod number plant⁻¹ and seed yield. Khalimullina et al. (2019) reported that precipitation deficiency during the late stages of white lupine (variety Gamma) caused pod number plant⁻¹ to decrease by 5.5%. They also reported that the same variety had the seed number plant⁻¹ decreased by 23%, the seed weight plant⁻¹ decreased by 34.6% and the 1000-seed weight decreased by 15.2% under this unfavorable condition. Similarly, “Degas” variety decreased seed number plant⁻¹ by 3.9%, seed weight plant⁻¹ by 24.8%, 1000-seed weight by 22.1%. Our results showed that pod number plant⁻¹, seed number plant⁻¹ and seed weight plant⁻¹ significantly decreased under water shortage conditions, whereas the 1000-seed weight did not measurably vary (Figure 2, Table 2). Different narrow-leaved lupine and yellow lupine varieties showed different reactions in terms of 1000-seed weight under terminal water deficiency conditions (Palta et al., 2007). However, Rashad et al. (2018) evaluated the influence of different water availability schemes on lupine (*Lupinus termis* L., cv. Giza 2) yield and its components under different compost rates in a sandy soil. The authors concluded that the 1000-seed weight decreased by 9.1% (averaged over all compost rates) when water availability was decreased.

4.2. Seed Yield and Seed Quality

Precipitation amount and distribution during the plant’s vegetation period is a vital factor that affects the final seed yield of legumes (Podleśna et al. 2014), especially if accompanied by increased temperatures during the late stages, as a result of its negative effect on flowering and podding (Atkins and Smith, 2004; Basal and Szabó, 2020). Similar conclusion was reported by Palta et al. (2007), who indicated that annual legumes are most susceptible to water deficiency during flowering stage. The same authors attributed the yield enhancement under better water availability during flowering and podding stages mainly to increased pod number as a result of increased lateral branch number. In our experiment, water shortage occurred basically during the late season (July) in “Nyalka”, probably leading to reduced seed yield (Table 2). Khalimullina et al. (2019) reported a 37.4% decrease in the seed yield of “Gamma” white lupine under unfavorable precipitation conditions.

There is high correlation between the yield quantity and/or quality and meteorology (Wilmowicz et al., 2019). Süheri et al. (2020) reported linear correlations between the seasonal water use and the final yield of snap bean. Polit et al. (2019) indicated that although the enhancement (by 25.1%) of the seed yield of a yellow lupine variety (Mister) was not significant under well-watered conditions, yet the quality of the plants that got irrigation water was visually of much higher quality. Our results also showed that seed quality, in terms of seed size, in “Debrecen” was significantly higher than the other locations. On the other hand, narrow-leaved lupine that was grown during the same period and under the same water availability conditions reported by Polit et al. (2019) yielded 2.5 times more than the other group

which did not get sufficient water, but with reduced seed size and weight (Winnicki et al., 2019).

Not only precipitation amounts and distribution, but also soil characteristics, particularly soil pH and limestone content, were reported to affect the yield components of white lupine by influencing the efficiency of the symbiosis process, leading to major yield reduction and N₂ fixation (Sulas et al., 2015). Kerley (2000) reported a 30% yield decrease in white lupine when soil pH exceeded 7.2 and attributed this decrease to shoot growth restrictions. Our results showed that the seed yield in “Nyalka” location (pH = 7,38) was significantly less compared to that of “Debrecen” location, where the soil pH was lower (5.34). Vlachostergios et al. (2016) conducted experiments in two locations with different soil characteristics, one location with optimal pH (equal to 6.5), and one location was considered as the stress pH level (equal to 8.1). Their results showed that the mean yield in the optimum environment ranged from 1.4 to 4.12 t ha⁻¹, while under high pH conditions the yield mean was measurably lower (0.2-1.5 t ha⁻¹). The authors also indicated that the mean seed yield per single plant of the trial was 5.2 g under optimum circumstances, whereas it ranged from 1.8-4.6 g under stress conditions.

5. Conclusions

It could be concluded that the precipitation amount and distribution throughout the vegetative period of white lupine had a measurable effect on the yield components measured, resulting in significant differences in the final seed yield. Not only the precipitation, but also the soil pH played a role, as even a mildly-alkaline soil negatively affected all the studied traits, leading to the lowest yield among all locations. Further investigations of the influence of certain nutrients availability for white lupine plants under favorable soil and climatic conditions will probably enrich the knowledge database of this important legume.

Acknowledgment

This paper and the research behind it would not have been possible without the financial support of the EIP-AGRI application “VP 3.-16.1.1. Különböző termesztési körzetekben előállított édes csillagfürt alternatív fehérjeforrásként történő vizsgálata és ökonómiája a sertésenyésztésben”.

References

- Armstrong, E.L., Heenan, D.P., Pate, J.S., Unkovich, M.J. (1997). Nitrogen benefits of lupins, field pea, and chickpea to wheat production in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48: 39-48.
- Atkins, C.A., Smith, P.M. (2004). Regulation of pod set and seed development in lupin. In: van Santen E., Hill G.D. (eds.): Proceedings of the 10th International Lupin Conference, 19–24. June 2002, New Zealand, 275-278.
- Basal, O., Szabó, A. (2020). Yield and Quality of Two Soybean Cultivars in Response to Drought and N Fertilization. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 203-210.
- Bertoni, G., Mouloungui, D., Kaemmerer, M., Morard, P. (1990). Effect of some soil characteristics on white lupine (*Lupinus albus* L) mineral nutrition, growth and yield. In: A. Scaife (ed.) Proceedings First Congress, European Society of Agronomy (Paris, December 5-7, 1990), Colmar, France, 34.
- Bertoni, G.M., Pissaloux, A., Morard, Ph., Sayag, D.R. (1992). Bicarbonate-pH relationship with iron chlorosis in white lupine. *Journal of Plant Nutrition*, 15(10): 1509-1518.
- Bolland, M.D.A., Brennan, R.F. (2008). Comparing the phosphorus requirements of wheat, lupine, and canola. *Aust J Agric Res*, 59: 983-998.
- Borbély, F. (2003). Lupine breeding in Kiszvárd. In: Iszálányé, T.J. (ed.): The history of plant breeding in Kiszvárd Jubilee publication 1943-2002: 81-89. (In Hungarian).
- Borbély, F. (2007). Breeding and production of lupine (*Lupinus sp.* L.) species. In: Iszálányé T.J. (ed.): 80th anniversary Jubilee publication in University of Debrecen Center for Agricultural and Engineer Sciences Research, Nyíregyháza: 100-118. (In Hungarian).
- Borowska, E., Prusinski, J., Kaszkowiak, E. (2015). Production results of intensification of cultivation technologies in three lupin (*Lupinus* L.) species. *Plant Soil Environ.*, 61(9): 426-431.
- Calabrò, S., Cutrignelli, M.I., Lo Presti, V., Tudisco, R., Chiofalo, V., Grossi, M., Infascelli, F., Chiofalo, B. (2015). Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15): 3127-3136.
- Dracup, M., Turner, N.C., Tang, C., Reader, M., Palta, J. (1998). Responses to abiotic stresses. Chapter 8. In *Lupins as Crop Plants: Biology, Production and Utilization*; Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J., Eds.; CABI: Wallingford, UK: 227-262.
- Gan, Y.T., Hamel, C.T., O'Donovan, J.T., Cutforth, H., Zentner, R.P., Campbell, C.A., Niu, Y.N., Poppy, L. (2015). Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. *Scientific Reports*, 5: 14-25.
- Gresta, F., Wink, M., Prins, U., Abberton, M., Capraro, J., Scarafoni, A., Hill, G. (2017). Lupins in european cropping system. In: *Legumes in Cropping System*; Murphy-Bokern, D., Stoddard, F.L., Watson, C.A., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, UK: 88-108.
- Huyghe, C. (1997). White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, 53: 147-160.
- Kalembasa, S., Wysokiński, A., Kalembasa, D. (2014). Quantitative assessment of the process of biological nitrogen reduction by yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). *Acta Scientiarum Polonorum seria Agricultura*, 13: 5-20.
- Kerley, S.J. (2000). The effect of soil liming on shoot development, root growth, and cluster root activity in white lupins. *Biology and Fertility of Soils*, 32(2): 94-101.
- Khalimullina, A.A., Sozinov, A.V., Porsev, I.N., Subbotin, I.A. (2019). Productivity of white lupine (*Lupinus albus* L.) in different sowing periods in the conditions of the Southern Trans-Urals. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 341(1): 012089.
- Mazur, V.A., Mazur, K.V., Pansyryeva, H.V., Alekseev, O.O. (2018). Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4): 148-153.
- Palta, J.A., Turner, N.C., French, R.J., Buirchell, B.J. (2007). Water use efficiency physiological responses of lupin genotypes to terminal drought in a mediterranean-type environment. *Annals of Applied Biology*, 150: 269-279.
- Podleśna, A., Podleśny, J., Doroszewski, A. (2014). Usefulness of selected weather indices to evaluation of yellow lupine yielding possibility. *Agricultural Water Management*, 146: 201-207.
- Polit, J.T., Ciereszko, I., Dubis, A.T., Leśniewska, J., Basa, A., Winnicki, K., Żabka, A., Audzei, M., Sobiech, Ł., Faligowska, A., Skrzypczak, G. (2019). Irrigation-Induced Changes in Chemical Composition and Quality of Seeds of Yellow Lupine (*Lupinus luteus* L.). *International journal of molecular sciences*, 20(22): 5521.
- Rashad, R.T., El-Agyzy, F.H., Abdel-Azeem, S.M. (2018). Impact of Irrigation Intervals on the Yield and Quality of Lupine (*Lupinus termis* L.) Grown in Sandy Soil Amended by an Organic Amendment. *Asian Soil Research Journal*: 1-11.
- Süheri, S., Hussein, N.M.H., Kurtar, E.S., Yavuz, N. and Yeşim, D.A.L. (2020). Determination of Yield and Quality of Different Snap Bean Varieties Under Deficit Irrigation. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 252-263.
- Sulas, L., Canu, S., Ledda, L., Carroni, A.M., Salis, M. (2015). Yield and nitrogen fixation potential from white lupine grown in rainfed Mediterranean. *Scientia Agricola*, 73(4): 338-346.
- Teichmann, V. (1952). The issue of green manuring (comment). Scientific Council of Plant Breeding and Plant Breeding of Experimental Farms I-V. meeting material. (Compiled by Bánlaki, S.): 159.
-

- Vlachostergios, D.N., Divanes, I., Fyntanis, A., Koseoglou, E., Mavromatis, A.G. (2016). Selection of white lupine genotypes for yield and tolerance to alkaline soils. In: Kölliker, R., Boller, B., (eds) *Plant Breeding: The Art of Bringing Science to Life*. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress. Zurich, Switzerland. 304.
- Weisskopf, L., Abou-Mansour, E., Fromin, N., Tomasi, N., Santelia, D., Edelkott, I., Neumann, G., Aragno, M., Tabacchi, R., Martinoia, E. (2006). White lupin has developed a complex strategy to limit microbial degradation of secreted citrate required for phosphate acquisition. *Plant, Cell and Environment*, 29: 919-927.
- Wilmowicz, E., Kućko, A., Burchardt, S., Przywieczerski, T. (2019). Molecular and hormonal aspects of drought-triggered flower shedding in yellow lupine. *International journal of molecular sciences*, 20(15): 3731.
- Winnicki, K., Ciereszko, I., Leśniewska, J., Dubis, A.T., Basa, A., Żabka, A., Hołota, M., Sobiech, Ł., Faligowska, A., Skrzypczak, G., Maszewski, J. (2019). Irrigation affects characteristics of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) seeds. *Planta*, 249(6): 1731-1746.

Comparison of Blue Basin Traps on Capturing The Adults of *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) at Three Different Heights in Cherry Orchards

Kiraz Bahçelerinde Farklı Yükseklikte *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) Erginlerini Yakalamada Mavi Leğen Tuzakların Karşılaştırılması


Ali ÖZPINAR^{1*}, Ali Kürşat ŞAHİN², Burak POLAT³


Abstract

In this study, the effect of five different hues of blue colored basin traps at different heights on capture rates of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) adults in a cherry garden in Çanakkale (Ezine-Akköy) province, was investigated. Basin traps, which were painted with blue colors coded as #B4C8E1, #C4D5E3, #A6CDE3, #4D9AC9 and #05467A, and made from 35x25x15 cm sized basins, were used to capture *T. hirta* adults. The trial was conducted on a 21 da cherry orchard with 5 years old Regina cultivar trees on Maxima 14 rootstock. It was planned with three repetitions, traps were mounted on platforms on wooden stakes placed between two trees with 10 m space with other traps at three different heights as; on ground level (0 cm), on 50 cm and 100 cm from ground level, on 22 March, 15 days before the trees bloomed with a total of 45 traps. The basin traps were filled with 1/3 of water and licensed attractants (100 mg Trans-Anethol + 100 mg Cinnamyl Alcohol) are added to the traps. The samplings were done with an interval of 2 days and the adults caught in the traps were recorded. The adult flight period was determined from the number of *T. hirta* adults caught in different blue colored traps at three heights. A total of 3828 adults were captured in all traps. 73.45% of the total adults caught in the traps were found before flowering period (before April 7th). The difference between the numbers of adults caught in traps at three heights was statistically significant. Highest number of adults was caught on the ground level (0 cm) in the #C4D5E3 code trap (429 adults) and this trap was followed by the trap #B4C8E1 at 50 cm height (384 adults). The number of adults caught by all traps at 100 cm height was lower than the other two heights. As a result, traps color and heights were found to be different in catching *T. hirta* adults in cherry orchard. With these results in mind, there is a strong possibility to use #C4D5E3 coded traps (Light grayish blue) successfully in cherry orchards against *T. hirta* adults in the future.

Keywords: Cherry, *Tropinota hirta*, Epicometis, Blue basins traps, Different heights

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Özpınar, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection 17100, Çanakkale, Turkey . E-mail: aozpinar@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0003-4512-8027

² Ali Kürşat Şahin, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection 17100, Çanakkale, Turkey .. E-mail: aksahin@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2721-8822.

³ Burak Polat, Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection 17100, Çanakkale, Turkey .. E-mail: bpolat@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9171-1024

Atıf/Citation: Özpınar, A. Şahin, A.K., Polat, B.. Comparison of Blue Basin Traps on Capturing the Adults of *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) at Three Different Heights in Cherry Orchards. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4), 739-747

Öz

Bu çalışmada Çanakkale (Ezine -Akköy) ilinde, kiraz bahçesinde mavi rengin beş farklı tonundaki leğen tuzaklara üç farklı yükseklikte yakalanan *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin sayıları karşılaştırılmıştır. Boyutları 35x25x15 cm olan şeffaf leğenler, #B4C8E1, #C4D5E3, #A6CDE3, #4D9AC9 ve #05467A kodlu mavi renk boyalar ile boyanmış ve *T. hirta* erginlerini yakalamada kullanılmıştır. Deneme Maxima 14 yarı bodur anaç üzerine aşılı 5 yaşındaki Regina kiraz çeşidi ile tesis edilmiş 21 dekarlık üreticiye ait bahçede yürütülmüştür. Deneme üç tekrarlı olarak planlanmış, ağaçlar çiçek açmadan önce, 22 Mart'ta leğen tuzaklar 10 m aralıklarla 2 ağaç arasına gelecek şekilde üç farklı yükseklikte (0 cm, 50 cm ve 100 cm) yerleştirilmiş olup, bu amaçla toplam 45 leğen tuzak kullanılmıştır. Leğenler 1/3 oranında su ile doldurulmuş ve üstten geçirilen iplerle etrafına çakılan demir çubuklara (yerdeki tuzaklar) ve çivilere (ahşap sehpa) sabitlenmiş ve cezbedici (100 mg Trans-Anethol +100 mg Cinnamyl Alcohol) leğenlere monte edilmiştir. Örneklemeler 2 gün arayla gerçekleştirilmiş ve tuzaklarda yakalanan erginler kaydedilmiştir. Ergin uçuş periyodu üç farklı yükseklikte farklı mavi renklerdeki tuzaklarda yakalanan ergin sayılarıyla belirlenmiştir. Tüm tuzaklarda toplam 3828 ergin yakalanmıştır. Tuzaklarda yakalanan tüm erginlerin %73.45'inin çiçeklenme öncesi (7 Nisan'dan önce) döneme ait olduğu görülmüştür. Farklı yüksekliklerde tuzaklarda yakalanan ergin sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek ergin sayısı yer seviyesindeki (0 cm) #C4D5E3 kodlu tuzakta (429 adet) yakalanmış ve bu tuzağı 50 cm yükseklikteki #B4C8E1 kodlu tuzak (384 adet) izlemiştir. 100 cm yükseklikte yer alan bütün tuzaklarda yakalanan erginlerin sayısı diğer yüksekliklere göre daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak kiraz bahçesinde *T. hirta* erginlerini yakalamada tuzak ve yüksekliklerin etkinliği farklı bulunmuştur. Bu bulgulara göre kiraz bahçelerinde *T. hirta* erginlerini yakalamada #C4D5E3 kodlu açık mavi renk leğen tuzakların başarılı olarak kullanacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kiraz, *Tropinota hirta*, *Epicometis*, Mavi leğen tuzaklar, Farklı yükseklikler

1. Introduction

Turkey is in the first place in the world with the production of Cherry, which is one of the most important commercial fruits in the world, with a quantity of 639.564 tonnes (Doğan Öz and Saner, 2021). Çanakkale province has an important potential for cherry production. In cherry production, control measurements against the pests start in the flowering period. One of these pests, *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) were identified in many regions of Turkey on pome and stone fruits (Kara, 1992, Kaya and Kovancı, 2004; Yaşar et al., 2013; Arslan and Aslan, 2015; Gezer and Özpınar, 2015). Adults of *T. hirta* are pests that damage the flowers of fruit trees by feeding on the flowers and polen (Özbek, 2008). According to the interviews with the farmers in Çanakkale, damage of *T. hirta* is tolerable on peach and apple trees with fruit thinning, but it is important in cherry production. A study carried out in Bulgaria showed that *T. hirta* can cause damage on cherry trees up to 70% (Kutinkova and Andreev, 2004).

Because of the potential damage on honeybees and other pollinator insects in blooming period, usage of chemical control applications is limited against the adults of *T. hirta*. Instead, using colored traps and attractants for mass capturing of adults is accepted as an alternative control method (Vuts et al., 2010). Previous studies have shown that blue was more effective in capturing the adults than other colors (Schmera et al., 2004). Nonetheless, studies to determine the suitable color for the fruit species continue. For example, while white is more attractive in blooming period in cherry and sour cherry, blue is better at capturing adults after blooming period (Aydın, 2011). Also, the shape of the traps seems to have an effect on the success of the trap. According to the studies by Sağdaş (2011) and Arslan and Aslan (2015), blue funnel traps were found to be more successful in Isparta, while blue basin traps were better in Çanakkale (Gezer and Özpınar, 2015).

On the other hand, it was reported that capturing adults of *T. hirta* was more successful when a mixture of cinnamyl alcohol and trans-anethole was used as the attractant (Toth et al., 2003) and the success of light blue traps were increased (Schmera et al., 2004). Also, an important increase in the number of captured adults was recorded by adding [(*E*)-anethol ve (*E*)- cinnamyl alcohol at 1:1 ratio] into the aforementioned attractant mixture (Vuts et al., 2010). Also, 5 different hues of blue were examined by Yaşar et al., (2013) and they concluded that the best result was obtained from the funnel traps with #C6DEFF hexadecimal code in cherry and from the basin traps with #4D9AC9 code in peach (Erbay and Özpınar, 2019). It is observed that, the color of the flowers is an important factor in capturing the adults of *T. hirta*.

Based on these studies, we investigated the effectiveness of basin traps with 5 different hues of blue according to their hexadecimal codes, which were shown to be effective at capturing the adults of *T. hirta* (Erbay and Özpınar, 2019; Özpınar and Erbay, 2020), on three different heights by adding a licensed attractant in cherry production areas of Ezine, Çanakkale.

2. Materials and Methods

The study was conducted on a 21 da cherry orchard with 5 years old Regina cultivar trees on Maxima 14 rootstock with 5x5 planting plan in Ezine (Akköy) district of Çanakkale (39°49'08.20"N and 26°20'43.19"E).

Basin traps, which were painted with blue colors coded as #B4C8E1, #C4D5E3, #A6CDE3, #4D9AC9 and #05467A (Table 1), and made from 35x25x15 cm sized basins, were used to capture *T. hirta* adults (Figure 1). Holes were drilled on basins on 3 sides at 10 cm depth, to drain excess rainwater. Traps were mounted on platforms on wooden stakes placed between two trees with 10 m space with other traps at three different heights as; on soil surface (0 cm), on 50 cm and 100 cm from soil surface, according to Özpınar and Erbay (2020).

Table 1. The color mixture values (RGB) and hexadecimal codes of basin traps used to capture *Tropinota hirta* adults

	Light steel blue	Light grayish blue	Very soft blue	Moderate cyan	Dark blue
Hexadecimal codes	#B4C8E1	#C4D5E3	#A6CDE3	#4D9AC9	#05467A
Red green blue (RGB)	180. 200. 225	196. 213. 227	166. 205. 227	77. 154. 201	5. 70. 122

Different height applications were not next to each other (Figure 1). The experiment was designed as random block design and there were 3 empty tree lines between each application line with three repetitions. A total of 45 basins were used with 5 basins per height application.

Basins were immobilized by placing and binding 15 cm nails on 4 sides of the basins at 50 and 100 cm heights and iron rods on 4 sides of the soil surface basin with ropes to prevent the effect of wind on the basins. Attractants (100 mg Trans-Anethol+100 mg Cinnamyl Alcohol) were tied to the traps without touching water (*Figure 1*). Basins were filled with water in 1/3 ratio to prevent adults from climbing out of the traps and evaporated water was added during samplings. The samplings were started on 24.03.2019 and adults were counted by collecting them with a sieve every two days. Samplings were ended on 03.05.2019 with the declining number of adults in traps. Also, flowering rate (%) of trees were calculated by counting the number of broken and unbroken buds on branches. Climate data was gathered from the closest climate station of Çanakkale Directorate of Provincial Agriculture and Forestry.



Figure 1. Basin traps on different heights in the cherry orchard

Adult flight of *T. hirta* was determined from the data of basin traps with 5 different hues of blue on three different heights. Also, number of *T. hirta* adults captured in blue basin traps on three different heights were analyzed with 2-way repeated measures ANOVA (SPSS 25) and the means were compared with the Duncan multiple test ($P \leq 0.05$).

3. Results and Discussion

A high number of adults were captured in the traps with three different heights on 24.03.2019 with a mean daily temperature of 11.9°C (*Table 2* and *Figure 2*). According to Gezer and Özpinar (2015) first *T. hirta* adults were captured in traps on April 2nd of 2013 and March 23rd of 2014 in relation to environmental temperature. In Isparta region, first *T. hirta* adults were found in traps on March 23rd (Güvenç and Yaşar, 2014) and on March 26th (Yaşar et al., 2013). In another study in Bulgaria, first adults were captured in traps at the end of March and the highest numbers were determined in mid-April (Subchev et al., 2011).

In this study, the highest number of adults were captured in the second sampling date, 26.03.2019. High number of adults in traps showed that adult flight period starts earlier in this region. Another study reported that *T. hirta* adults were first captured on March 2nd and the highest number of adults was in March 18th in a peach orchard in close proximity to our study orchard (Erbay and Özpinar, 2019), supporting this observation.

Because of the overcast weather and rain, adult numbers in traps were lower in the following samplings. In contrast, the number of adults in sunny and warm days was high. Similarly, Zobar and Kıvan (2019) reported that *Capnodis tenebrionis* adults were more caught in traps at high temperatures. This situation caused short-term fluctuations in the number of adults in traps. Thus, no parallels between *T. hirta* adult population density and flowering density of trees were discovered. Flowering period has started on April 7th and has reached to 100% between April 20th and April 27th. The number of adults was low in these dates because of rain. A total of 3828 adults were captured in all traps. It was found that, 73.45% of the adults captured in the traps in the cherry orchard

was from pre-flowering period (Before April 7th). According to Erbay and Özpınar (2019), the number of adults in traps has reached to the highest point on the same date with flowering also reaching to 100%. The high number of adults in the cherry orchard in pre-flowering period is interpreted as adults feeding on flower buds. Likewise, this situation is evaluated as such in many other studies.

Table 2. Number of *Tropinota hirta* adults captured at three different heights and 5 different hues of blue

Codes	#B4C8E1			#C4D5E3			#A6CDE3			#4D9AC9			#05467A			Total
Height (cm)	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100	
24.03.19	33	45	6	45	21	9	57	33	6	54	36	6	24	18	6	399
26.03.19	45	78	60	72	90	36	51	45	45	36	54	39	30	39	27	747
28.03.19	9	12	0	18	15	3	6	12	3	9	6	6	6	9	0	114
30.03.19	3	3	0	6	6	0	3	0	0	0	3	0	3	3	3	33
01.04.19	27	42	9	63	30	6	60	36	15	57	60	9	21	9	9	453
03.04.19	27	42	6	60	27	12	36	27	6	42	30	3	27	21	12	378
05.04.19	33	51	15	54	42	27	33	48	21	48	36	21	33	30	21	513
07.04.19	9	27	15	12	9	6	6	6	6	21	18	6	3	9	3	156
11.04.19	33	45	12	42	30	18	24	30	15	45	33	3	27	12	9	378
13.04.19	3	0	0	3	0	0	6	3	0	9	3	0	3	0	3	33
15.04.19	6	6	0	12	6	3	3	15	6	12	21	3	9	6	9	117
17.04.19	6	9	9	12	6	3	6	24	9	6	15	6	3	3	3	120
19.04.19	6	0	3	6	3	3	3	0	0	3	3	3	0	3	0	36
21.04.19	3	9	3	6	9	3	3	9	0	6	6	3	3	0	0	63
23.04.19	3	3	3	0	9	3	3	9	3	0	6	6	0	0	3	51
25.04.19	6	3	9	3	9	3	3	9	6	9	9	6	3	0	3	81
27.04.19	6	3	6	6	6	0	6	3	6	3	3	9	3	3	3	66
29.04.19	6	3	0	0	3	1	6	3	2	3	6	2	0	3	1	39
01.05.19	3	0	0	6	3	3	0	0	3	0	3	3	3	0	0	27
03.05.19	3	3	0	3	3	0	3	0	3	0	0	3	3	0	0	24
Total (Height)	270	384	156	429	327	139	318	312	155	363	351	137	204	168	115	3828
Standart Error	3.05	5.13	2.97	5.43	4.65	2.15	4.48	3.53	2.32	4.56	4.04	1.97	2.61	2.43	1.62	3.05
Total (Colors)	810			895			785			851			487			3828

When the effectiveness of the different hues of blue colored traps were investigated, it was observed that the highest number of adults were captured in #C4D5E3 (RGB=196.213.227) coded trap with 895 adults (Table 2). This trap was followed by #4D9AC9, #B4C8E1 and #A6CDE3 coded traps. The lowest number of adults was captured in #05467A coded trap, which was the darkest blue, with 487 adults. This darker hue of blue is similar to the traps used by farmers in the region against *T. hirta*, thus this result is found to be interesting. Yaşar et al.(2013) reported that the highest number of *T. hirta* adults was in light steel blue (RGB=198.222.255) colored funnel traps. The closest color in our study to the mentioned color is #C4D5E3 (RGB=196.213.227), which had similarly high effectiveness at capturing *T. hirta* adults.

The results of the experiment to determine the effectiveness of the traps in different heights showed that, total number of the adults captured at ground level (0 cm), 50 cm and 100 cm were 1584, 1542 and 702, respectively. While the numbers of adults captured at ground level and 50 cm height were pretty similar, the number of adults at 100 cm height was significantly lower than the others. This result was associated with the fact that the trees in the experimental orchard are 5 years old and are semi-dwarf, which may have created compatibility between the traps at ground level and 50 cm height. However, Çelik (2019) has reported the highest number of adults in cherry

orchards at 150 cm height, with no information about tree age or canopy height. The findings of the mentioned study do not match up with our results.

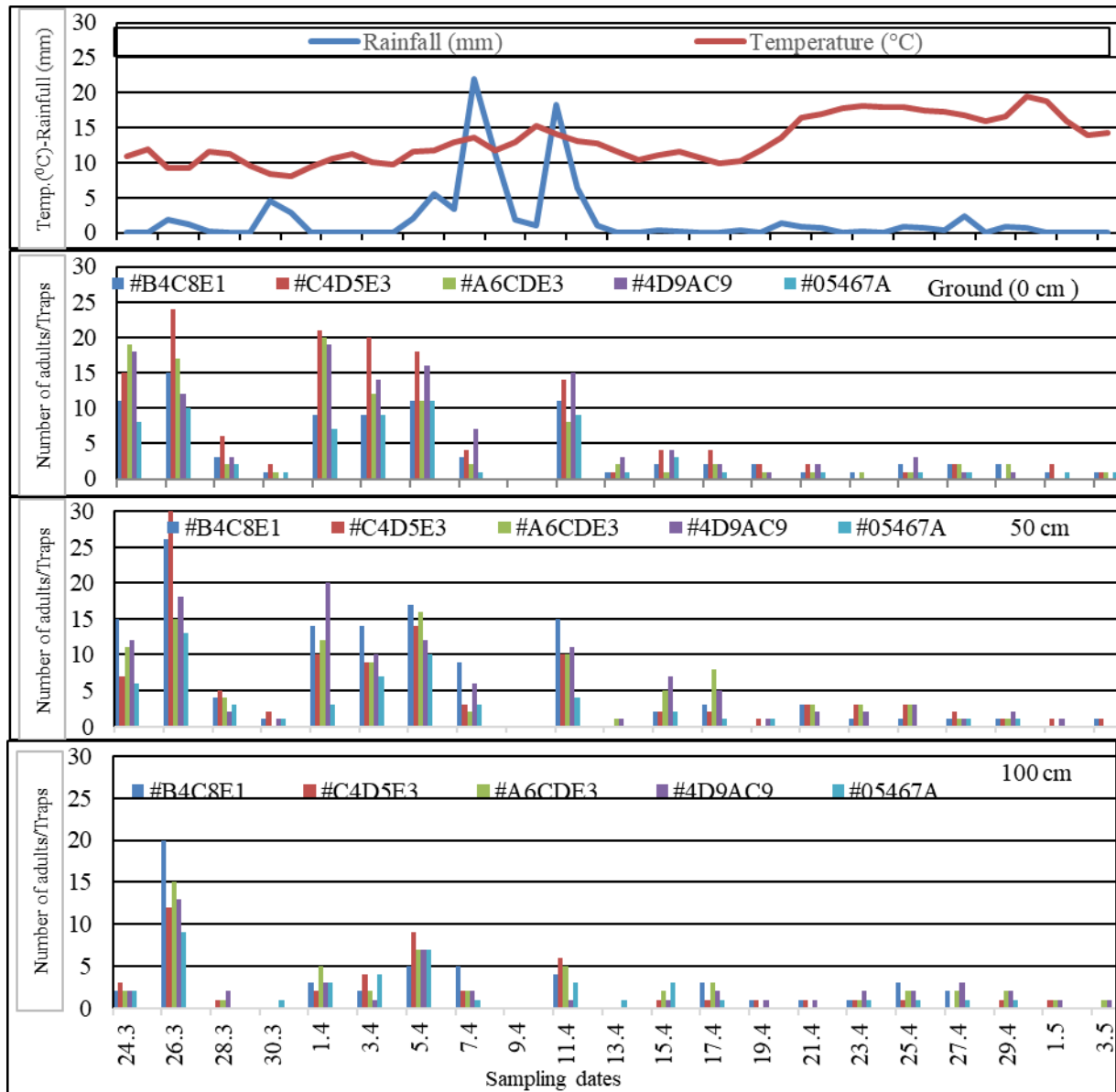


Figure 2. Population changes of *Tropinota hirta* adults captured in traps at three different heights in the cherry orchard.

On the other hand, the #C4D5E3 coded trap has captured the most adults with 429 adults on the height with the most adults, which was ground level (Figure 3). This trap was followed by #4D9AC9 coded trap with 363 adults. On 50 cm height, which had a total of 1542 adults, the highest number of adults was in the trap with the code #B4C8E1 with 384 adults. This trap was followed by the #4D9AC9 coded trap with 351 adults (Table 2 and Figure 3). The trap with the second highest number of adults captured on both ground level and 50 cm height, #4D9AC9 coded trap, was the most effective in peach orchards (Erbay and Özpinar, 2019).

The difference between the numbers of *T. hirta* adults captured in traps was statistically significant with trap heights and colors in mind (Table 4). On ground level (0 cm), mean number of adults captured in different hues of blue was found to be significantly different ($P < 0.05$). The highest number of adults was on the trap with the code #C4D5E3, with a mean number of 7.15 adults. This trap was followed by the #4D9AC9 coded trap with a mean number of 6.05 adults. The trap with the code #05467A had significantly lower number of adults (3.40) than the other traps (Table 4). The difference between the number of adults on different hues of blue on 50 cm was also

found to be statistically significant ($P < 0.05$). The trap with the code #05467A also had significantly lower number of adults (2.70) than the other traps on this height. The number of adults in the mentioned trap was found to be close to the number of adults caught in the dark blue traps from the study of Yaşar et al. (2013). The difference between the number of adults in the traps with different hues of blue was not statistically significant at 100 cm height ($P > 0.05$).

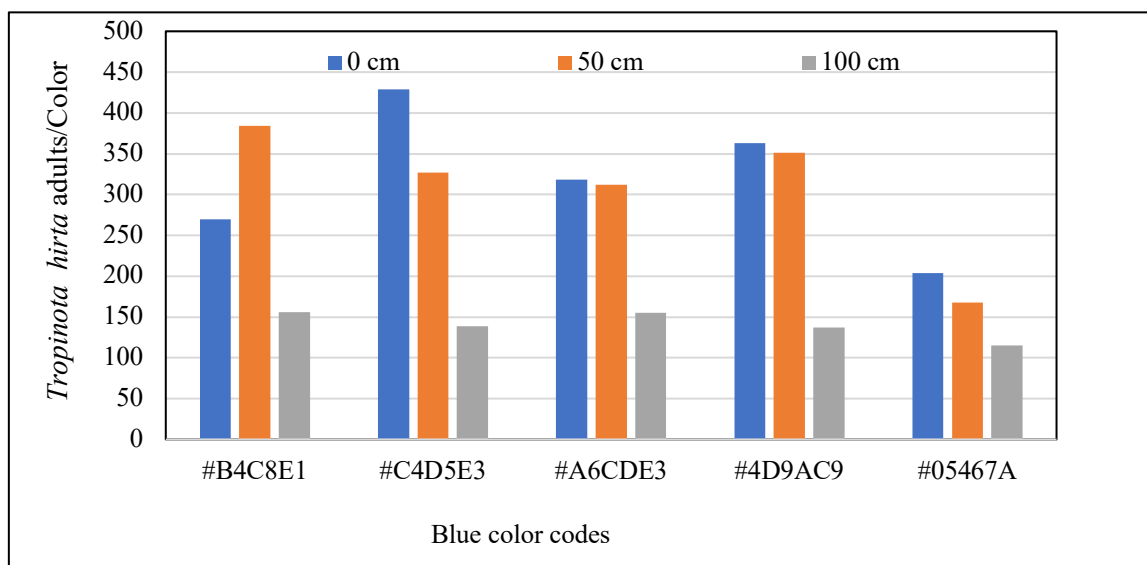


Figure 3. Total number of Tropinota hirta adults caught in different height traps in a cherry orchard.

Table 4. The mean number of Tropinota hirta adults in traps with different colors on three different heights (Mean±std error) (n=60).

Hexadecimal codes	#B4C8E1	#C4D5E3	#A6CDE3	#4D9AC9	#05467A	F	df (1-2)	P
0 cm	4.50±0.64 b A	7.15±1.06 a A	5.30±0.89 b A	6.05±0.89 ab A	3.40±0.51 c A	2.297	4-295	0.047
50 cm	6.40±0.98 a A	5.45±0.90 a A	5.20±0.72 a A	5.85±0.83 a A	2.85±0.49 b A	3.164	4-295	0.014
100 cm	2.60±0.61 a B	2.35±0.44 a B	2.65±0.45 a B	2.35±0.39 a B	1.95±0.34 a B	0.435	4-295	0.078
F	6.448	9.511	4.109	7.339	3.726			
df (1-2)	2-177	2-177	2-177	2-177	2-177			
P	0.020	0.000	0.018	0.001	0.032			

Note: The difference between the means with different small letters on the same row are statistically significant ($p < 0.05$). The difference between the means with different capital letters on the column are statistically significant ($p < 0.05$).

When the effectiveness of the traps at attracting the adults of *T. hirta* on different heights was compared, the difference between three heights on all traps was significant ($P < 0.05$). The number of adults captured on ground level (0 cm) and 50 cm height was found to be not significantly different than each other, while the number of adults in the traps on 100 cm height was significantly different than the other heights ($P < 0.05$). From these traps, the highest effectiveness was found on 50 cm height in the #B4C8E1 coded trap, while ground level was found to be the most effective height for the #C4D5E3 and #4D9AC9 coded traps. The highest mean number of adults was captured in the trap with the code #C4D5E3 with 7.15 adults per trap. However, the same coded trap was found to be on the 3rd place at capturing *T. hirta* adults in peach orchards, while the trap on the 3rd place in our study was the most effective at capturing adults in peach orchards (Erbay and Özpınar, 2019). These findings suggest that the attractiveness of the traps with different colors may vary with the fruit species. Yaşar and Dahham Dahham (2019) have reported that the different number of *T. hirta* adults captured with the same-colored traps on different apple cultivars may point to a link between trap color and cultivar.

4. Conclusions

As a result of the study, different numbers of *T. hirta* adults were captured in the traps, which were placed on the orchard on March 22nd, with five different hues of blue on three different heights in a cherry orchard. The number of adults in the traps has varied with different heights on tested colors. The highest number of adults was captured in the #C4D5E3 coded trap on ground level with 287 adults. This trap was followed by the #B4C8E1 coded trap on 50 cm height with 256 adults. The #4D9AC9 coded trap was in the 3rd place on ground level with 247 adults. The lowest number of *T. hirta* adults was found in the #05467A coded trap, which was the darkest blue hue in the study, on all heights. On all blue hues, the traps on 100 cm height were the least effective at capturing *T. hirta* adults. The height with the highest number of adults was ground level (0cm). The success of basin traps on ground level is important for farmers because of their practicality. With these results in mind, there is a strong possibility to use #C4D5E3 coded traps (Light grayish blue) successfully on ground level in cherry orchards against *T. hirta* adults in the future.

References

- Arslan, Ö. M., Aslan M. M. (2015). The activity of catching *Epicometis hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Scarabaeidae) with different trap types on almond trees in Kahramanmaraş province. *Kahramanmaraş Sütcü İmam University, Journal of Natural Sciences*, 18(4): 6-12.
- Aydın, G. (2011). Plant phenology-related shifts in color preferences of *Epicometis (Tropinota) hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) adults-key to effective population monitoring and suppression. *Florida Entomologist*, 94(4): 832-838.
- Çelik, V. B. (2019). *Isparta İli kiraz bahçelerinde farklı yerlere asılan mavi tuzakların Tropinota (Epicometis) hirta Poda, 1761 (Coleoptera; Cetoniidae)'nın yakalanması üzerine etkisi*. (Master Thesis) Isparta University of Applied Sciences, Institute of Graduate Education. Isparta, Turkey, pp,34.
- Doğan Öz, B., Saner, G. (2021) Determining the Investment perceptions of the cherry growing farms within support scheme for the purchase of agricultural machines and equipment (SSPME): A case of Izmir-Kemalpaşa district. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 18(1):1-9.
- Erbay, İ., Özpınar A. (2019). Determination of seasonal flight of *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) adults with different blue colour traps in peach orchards in Çanakkale province. *Çanakkale Onsekiz Mart University, Journal of Agricultural Faculty*, 7(2): 239-247.
- Gezer, B., Özpınar A. (2015). Çanakkale ilinde şeftali, elma, kiraz ve kayısılarda *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin yoğunluğunu belirlemede farklı tuzakların değerlendirilmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2): 27-34.
- Güvenç, C., Yaşar, B. (2014). Mavi renkli huni tuzaklarda kullanılan farklı cezbedicilerin kiraz çiçeklerinde beslenen *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) erginlerinin yakalanması üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Derisi* 18(3): 97-104.
- Kara, K. (1992). *Tropinata (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)'nın Tokat ve çevresindeki konukçuları, yayılışı, zarar düzeyi, bazı biyolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *Gaziosman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 15-26.
- Kaya, M., Kovancı, B. (2004). Bursa'da ahududu alanlarında saptanan Coleoptera türleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3): 1-7.
- Kutinkova, H., Andreev, R. (2004). Integrated pest management in sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards in Bulgaria. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 41-47.
- Özbek, H. (2008). Türkiye'de ılıman iklim meyve türlerini ziyaret eden böcek türleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(3): 92-103.
- Özpınar, A., Erbay, İ. (2020). Comparison of adult numbers of *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) captured with blue basin traps in two peach cultivars *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(3): 250-258.
- Sağdaş, A. (2011). *Farklı tuzakların Afyonkarahisar ili Sultandağı ilçesinde kiraz ve elmalarda zarar yapan baklazını [Epicometis (=Tropinota) hirta Poda Coleoptera: Scarabaeidae]'nın yakalanması üzerine etkisi*. (Master Thesis) Süleyman Demirel University, The Institute of Natural Sciences, Isparta, Turkey, pp,162.
- Schmera, D., Toth, M., Subchev, M., Sredkov, I., Szarukan, I., Jermy, T., Szentesi A. (2004). Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Protection*, 23(10): 939-944.
- Subchev, M., Toshova, T.B., Andreev, R.A., Petrova, V.D., Maneva, V.D., Spasova, T.S., Marinova, N.T., Minkov, P.M., Velchev, D.I. (2011). Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 63(3): 269-276.
- Toth, M., Klein, M.G., Imrei, Z. (2003). Field screening for attractants of scarab (Coleoptera: Scarabaeidae) pests in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 38(3-4): 323-331.
- Vuts, J., Szarukán, I., Subchev, M., Toshova, T., Tóth, M. (2010). Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Journal of Pest Science*, 83(1):15-20.
- Yaşar, B., Çeşme, İ., Baydar, M.S., Aysal, İ., Yazır, A.B., 2013. Farklı mavi renkli huni tuzaklarının kiraz ağaçları çiçeklerinde beslenen baklazını [*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)]'nın yakalanması üzerine etkisi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3 (2): 99-105.
- Yaşar, B., Dahham Dahham, O.A., 2019. Farklı Elma Çeşitleri Üzerine Asılan Tuzakların *Tropinota hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) 'nın Yakalanması Üzerine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1): 57-64.
- Zobar., D., Kıvanç, M. (2019). Seasonal of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) on different cherry rootstocks in orchards in Tekirdağ. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 16(3):339-347.