



ZİRAAT

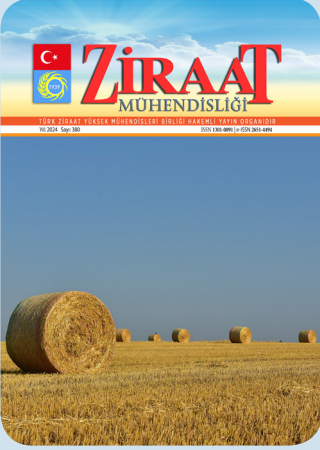
MÜHENDİSLİĞİ

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ HAKEMLİ YAYIN ORGANIDIR

Yıl: 2024 Sayı: 380

ISSN 1301-0891 | e-ISSN 2651-4494





Sayı : 380

Yıl : 2024

ISSN - 1301 - 0891
e-ISSN - 2651-4494

www.tzymb.org.tr
http://dergipark.org.tr/zm

Yayın Türü:
Yerel Süreli Yayın

SAHİBİ
Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği
Yönetim Kurulu Adına

GENEL BAŞKAN
Mehmet Ali ÜNAL

GENEL YAYIN YÖNETMENİ VE
YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ
Erol Gürkan IŞIN

BİLİMSEL YAYIN KOORDİNATÖRÜ
Prof.Dr. Hasan H.ATAR

ALAN-İSTATİSTİK-DİL EDİTÖRLERİ,
YARDIMCI EDİTÖRLER
Elif ÇETİNKAYA, Nuray ÇİÇEK, Nadire Pelin
BAHADIRLI, Ahsen ERTEM, Ahmet AYGÜN

GRAFİK TASARIM
Nurhan AY

İDARE VE YAZIŞMA ADRESİ
Sakarya Caddesi No: 30/2
Kızılay / ANKARA
TEL: 0.312 433 59 81
Faks : 0.312 433 64 11

Ziraat Mühendisliği Dergisi Basın İlan
Kurumu'nun 14.10.1998 Tarih ve 2358 sayılı
kararı ile "RESMİ İLAN VERİLECEK
DERGİLER"
listesine alınmıştır.

Dergimiz
http://dergipark.org.tr/zm
adresi üzerinden
elektronik olarak yayınlanmaktadır.

İÇİNDEKİLER

4 A Low Cost Capacitive Soil Moisture Measurement and Datalogger System

Muhittin Yağmur POLAT, Akın ÖZCAN

Research Article

13 The Effect Of Some Organic Materials On Soil Organic Content And Some Soil Physicochemical Properties, In Türkiye

Erol Gürkan IŞIN

Review Article

25 In vitro Responses of the *Lotus corniculatus* cv. 'AC Langille' to NaCl-induced Salt Stress

Ramazan BEYAZ

Research Article

36 Perspectives of Young Adults in The United Kingdom on Fast Food

Meliha ER ÇON, Richard BENNETT

Araştırma Makalesi

47 Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Farklı Sulama Düzeyleri ve Hümk Asit Dozlarının Lif Kalitesine Etkisi

Uğur GÜZELSARI, Özden ÖZTÜRK

Araştırma Makalesi

63 Bazı Tritikale Çeşitlerinin Verim ve Kalite Performanslarının Belirlenmesi

Hakan KIR, Tamer YAVUZ

Araştırma Makalesi

70 Erozyon Tehdidi Altındaki Doğal Bir Merada Arıtma Çamurunun Ot Verimine Etkisi

Ramazan ACAR, Osman MÜCEVHER, Mehtap ÖZTEKİN, Şükrü DURSUN, Ayşen AKAY, Salih BİTĞİ, Serap ULUTAŞ, Serdar KOYUNCU

Araştırma Makalesi

86 Ankara İli Beypazarı İlçesi Bazı Sulama Suları Kalitesinin Belirlenmesi ve Visual MINTEQ Modeli ile Jeokimyasal Türleşmelerin Tahmini

Muhittin Onur AKÇA, Sonay SÖZÜDOĞRU OK, İlhami BAYRAMİN

Araştırma Makalesi

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ YÖNETİM KURULU

Genel Başkan
Mehmet Ali ÜNAL

Genel Başkan Yardımcısı
Yavuz ER

Genel Sekreter
Engin ULAŞ

Genel Muhasip
M. Murat TUNCER

Genel Yayın Yönetmeni
Erol Gürkan İŞİN

Üyeler
**Süleyman KURT, Zafer ÇAVUŞ, Osman
KABACAOĞLU, Ahmet DALMIŞ**

Adres
Sakarya Caddesi No: 30/2
Yenişehir / ANKARA

TEL: 0.312 433 59 81
Faks: 0.312 433 64 11
www.tzymb.org.tr

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ ŞUBELERİ

ADANA:	Celal KARA
Tel	0 532 230 11 19
ANTALYA:	C. Afşin YILMAZ
Tel	0 532 594 93 39
İSTANBUL:	Önder ÖZDEM
İZMİR:	Fuat AKAYDIN
Tel	0 532 549 35 44
KONYA:	Prof. Dr. Seydi Ahmet BAĞCI
SAMSUN:	Prof. Dr. Ferat UZUN
ŞANLIURFA:	Rüstem COŞKUN
Tel	0 414-313 12 23

TÜRK ZİRAAT MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ VAKFI

Başkan: Özbay TAŞKIN
Başkan Yardımcısı: Nevzat USLUCAN
Muhasip: D. Murat AKTAŞ
Üyeler: Mehmet Ali ÜNAL
Fikri KAYA
Mustafa DOYUK
Ünal ALTIPARMAK

Adres:
Sakarya Caddesi No: 30/3
Kızılay / ANKARA
Tel: 0.312 433 69 09 - 435 46 42
Faks: 0.312 435 41 11

Bilimsel Danışma Kurulu

Prof. Dr. Neşet ARSLAN
Prof. Dr. Orhan ARSLAN
Prof. Dr. Rasih DEMİRCİ
Prof. Dr. Celal ER
Prof. Dr. Orhan KAVUNCU
Prof. Dr. Mevlüt MÜLAYİM
Prof. Dr. Ferhat ODABAŞ
Prof. Dr. Kudret SAYLAM

Bilimsel Yayın Kurulu

Prof. Dr. Mustafa SÜRME
Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Burhan ÖZKAN
Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet BAYANER
Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Cengiz SAYIN
Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Murat AKKURT
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Aziz KARAKAYA
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Aziz TEKİN
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Nevzat ARTIK
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Mükerrrem ASLAN
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Ebru ŞENEL
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Dilek BAŞALMA
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Gürsel DELLAL
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Nilgün BAYRAKTAR
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Rıfat YALÇIN
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Sadık USTA
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Nesrin YILDIZ
Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Ali KOÇ
Eskişehir Osmangazi Üniv.

Prof. Dr. İzzet KADIOĞLU
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Prof. Dr. İzzet AÇAR
Harran Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail AKYOL
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet AYGÜN
Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Musa SARICA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Celal TUNCER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih YILDIZ
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN
Ordu Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet TAMKOÇ
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Alp Önder YILDIZ
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Ayhan ÖZTÜRK
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Selçuk Üniversitesi

A Low Cost Capacitive Soil Moisture Measurement and Datalogger System

Düşük Maliyetli Bir Kapasitif Toprak Nemi Ölçüm ve Veri Kayıt Sistemi

Sorumlu Yazar

Muhittin Yağmur POLAT

yagmurpolat@yahoo.com

0000-0003-2795-4798

Yazar

Akın ÖZCAN

akinozcan222@gmail.com

0000-0001-6183-0073

Abstract

Water resources, which are indispensable for agriculture, industry and domestic use, are under threat today. In order to use water and soil resources efficiently and sustainably, it has become an important need to develop new systems and methods that can detect the moisture content of the soil. With the developing technology and different techniques, the moisture content of the soil began to be measured more accurately, reliably and quickly. One of these techniques is measuring soil moisture with high-precision and low-cost capacitive sensors. In this study, an example system for measuring and recording soil moisture was designed using the Arduino microcontroller board and capacitive sensors. In the study conducted in a climate-controlled greenhouse, a very high negative correlation was found between sensor and gravimetric measurement values. The regression relationship between sensor values and gravimetric measurement values was examined and R^2 values between 85.6% and 95.0% were obtained.

Keywords: Soil moisture, capacitive moisture sensor, arduino

Özet

Tarım, sanayi ve evsel kullanımın vazgeçilmezi olan su kaynakları günümüzde tehdit altındadır. Su ve toprak

Gönderilme Tarihi :

21 Nisan 2024

Kabul Tarihi :

18 Kasım 2024

kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanılması için toprağın nem içeriğini tespit edebilecek yeni sistem ve yöntemlerin geliştirilmesi önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte farklı teknikler sayesinde toprağın nem içeriği daha doğru, güvenilir ve hızlı bir şekilde ölçülmeye başlandı. Bu tekniklerden biri de toprak neminin yüksek hassasiyetli ve düşük maliyetli kapasitif sensörlerle ölçülmesidir. Bu çalışmada Arduino mikrodenetleyici kartı ve kapasitif sensörler kullanılarak toprak nemi ölçümü ve kaydedilmesine yönelik örnek bir sistem tasarlanmıştır. İklim kontrollü bir serada sistem ile yapılan çalışmada sensör değerleri ile gravimetrik ölçüm değerleri arasında çok yüksek negatif korelasyon bulunmuştur. Sensör değerleri ile gravimetrik ölçüm değerleri arasındaki regresyon ilişkisi incelenmiş ve %85.6 ile %95.0 arasında R^2 değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak nemi, kapasitif nem sensörü, arduino

Introduction

Water is essential for its roles in growing food, domestic use, industry, tourism, and sustaining the earth's ecosystem. However, this essential resource is under threat. Growing national, regional and seasonal water shortages around the world pose serious challenges for national governments and the international development and environmental communities (Rosegrant et al., 2002).

The moisture content of the soil directly affects plant growth, the distribution of plant nutrients along the soil profile, soil aeration, infiltration and runoff. The mechanical properties of the soil such as plasticity, consistency and swelling-shrinkage are also a function of moisture content. Therefore, determining the moisture content of soil is a basic need in soil, hydrology and engineering studies (Öztaş, 1997). Detailed information about the water content in the soil profile is of interest to many disciplines. In this context, dynamic hydrological processes such as infiltration and capillary rise in the soil can be examined. Irrigation time and amount of water to be applied can be determined by water use efficiency tests. Evapotranspiration can be calculated from the change in the water content of

the soil profile when infiltration, sedimentation and runoff are known (Halbertsma et al., 1987). In order to use water and soil resources more efficiently, it is inevitable to develop new devices and develop new methods to measure soil water content (Özbek & Kaman, 2014). With the advancement of technology, soil water content has begun to be measured more accurately and reliably with the help of different techniques. Thus, with the right techniques, it has been ensured that the volumetric soil moisture content can be monitored, repeated measurements can be taken, and fast and time-dependent accurate and reliable measurements are taken (Uytun et al., 2013).

The methods used in soil moisture determination are divided into two groups as direct methods based on the principle of determining the mass of water according to their functions, and indirect methods based on the principle of measuring any soil property dependent on soil moisture content (Öztaş, 1997). Direct methods are gravimetric. In these methods, water in the soil is removed from a soil sample by evaporation, washing or chemical reaction, and moisture is determined from the removed amount (Öztaş, 1997). The biggest disadvantage of direct methods is that it is not possible to take more than one sample from the same point and it causes damage to the soil profiles in the trial plots. In the case of taking a large number of samples, it causes the formation of macropores in the soil, which may cause the soil moisture regime to change (Kutilek & Nielsen, 1994; Öztaş, 1997). Another disadvantage of direct measurement methods is that the differences in moisture content of soil samples taken at different times will reflect both the variation in soil moisture and the variation arising from the heterogeneous structure of the soil. The most important feature of the gravimetric method is that it is a standard method used for the calibration of indirect methods (Öztaş, 1997).

In indirect soil moisture measurement methods, the changes in certain physical and physicochemical properties of the soil depending on the amount of water are taken as basis. In most of these methods, moisture determination can be easily made either by permanent sensors placed in the soil or by sensors placed in special slots opened in the soil at the time of reading. The most common of these

indirect methods, in which the water content of the soil is determined by sensors, are time domain reflectometers (TDR), neutron meters, tensiometers, conductivity sensors (grained matrix sensors and gypsum blocks, etc.), thermal sensors, frequency domain reflectometers (campbell FDR) and capacitive sensors. (Uytun et al., 2013).

The capacitive method is based on measuring the capacitance of the dielectric medium of a capacitor. Conductive plates or rods placed in the ground form a capacitor structure. The soil-water-air mixture acts as the dielectric medium of this capacitor (Halbertsma et al., 1987). Materials that can store energy when an external electric field is applied are called “dielectrics”. In other words, the dielectric structure can be studied by monitoring the changes in the capacitance of the medium (İyibakanlar & Oktay, 2007; Dean et al., 2011; Mander & Arora, 2014).

In electromagnetism, the dielectric constant is also called the insulating constant. It is expressed as a coefficient for measuring the ability of a material to store electrical charge on it. It is a measure of the effects of an electric field or how an insulating medium is affected. Every material has a dielectric constant value. The dielectric constant (ϵ) ranges from 1 to 81. The dielectric constant of water molecules with dipolar moment is 81. The lowest value is for air and is 1. The dielectric constant value of the soil in the solid phase varies between 3 and 5.

In a mineral soil, when most of the pores are filled with air and the rest with water, the ϵ value of the medium is between 3-6. On the other hand, when a large part of the pores is filled with water and the rest with air, it varies between 40-50. Soil consists of solid, liquid and gas phases. In a case where the solid phase value is constant, the ϵ value of the soil is a function that directly indicates the moisture content (Anonymous, 1995; Kutilek & Nielsen, 1994; Hartmann, 1996; Öztaş 1997; Fidan and Korkmaz, 2018). Bryan and Sanders (1928), developed a method for measuring the dielectric constant of air in high-frequency fields and analyzed the effect of temperature on the dielectric constant of air. They concluded that even at high temperature conditions, changes in the dielectric constant of air were minimal (Physical Review, 1928).

Capacitor structures can be used as sensors in numerous applications. This method is called the capacitive method

and changes near the sensor surface can be measured. In addition, this method has different advantages over other methods. Measurements with a capacitive sensor do not carry the potential health risks of radiation-based methods. They are also relatively simple compared to radio frequency (RF) based techniques. Capacitive sensors can be used to monitor moisture content in soil, moisture content in grain and paper, rain sensing. In addition, there are applications of proximity, acceleration, angular velocity, position, touch, liquid level and biomedical sensors based on the capacitive method to detect physical changes. Advances in microelectronics have made capacitive sensors popular and more affordable in devices used to monitor the water content of soil “in situ” (Fares & Alva 2000; Fares & Polyakov 2006; Dean et al., 2011; Narmadha et al., 2012; Mander & Arora, 2014).

The biggest advantages of Arduino are that it uses open source code, has an extremely simple microprocessor circuit, and has the necessary software package to program the system. The use of open-source code is one of the most important reasons for Arduino’s popularity. Thus, the codes written are not kept confidential and users can easily access these codes (Koçak & Kırbas, 2016). There is an ATmega2560 microcontroller on the Arduino Mega2560. There are 54 digital input/output pins. In addition, 15 of these pins can be used as pulse with modulation (PWM) output, 16 as analog input and 4 as serial port hardware (UART). Operating at 16 MHz, the board has a USB connection, an external DC power supply input. It can be powered by USB, AC/DC power supply or a battery (Kusriyanto & Putra, 2016).

In the light of the above the literature, a microcontroller-based system that can be measure soil water by capacitive method has been developed and tested in the greenhouse.

Material and Methods

Material

The research was carried out in a climate-controlled greenhouse located in the campus of the Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute in Ankara. The soil used in the experiment was sieved with a 2 mm sieve. The results of the soil analysis are given in the Table 1.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

Field capacity (%)	28.1
Wilting point (%)	15.2
Bulk density(g cm^{-3})	1.24
Saturation (%)	62
Soil textural class	CL (clay loam)
EC in water saturated soil (dS m^{-1})	0.62
pH in water saturated soil	7.78
CaCO_3 (%)	18.4
P_2O_5 (%)	11.4
K_2O (%)	118
Organic matter (%)	1.89
Total C (%)	3.25
Total N (%)	0.12
Soil organic C (%)	1.1
Soil inorganic C (%)	2.21

The developed system consists of an Arduino Mega 2650 board, a data storage unit with a SD card, a LCD screen, a real time clock (RTC), four low cost capacitive soil moisture sensors, a power supply and microcontroller code. In addition, it is possible

to easily add additions such as temperature sensor, air humidity and temperature sensor to the system. General view of the system is given in Figure 1. The algorithm of the code and principal schematics are given in Figure 2.

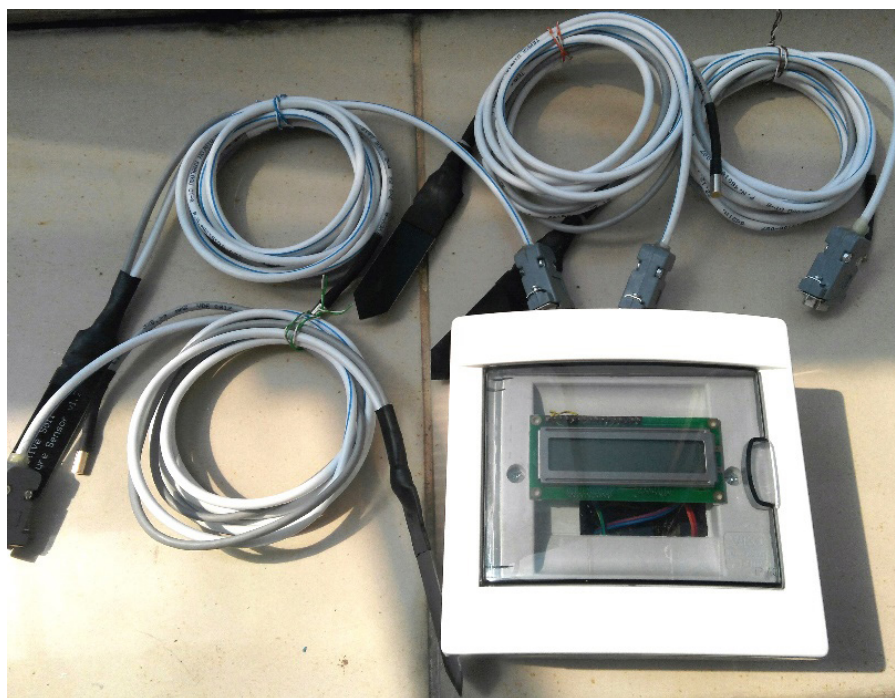


Figure 1. General view of the system

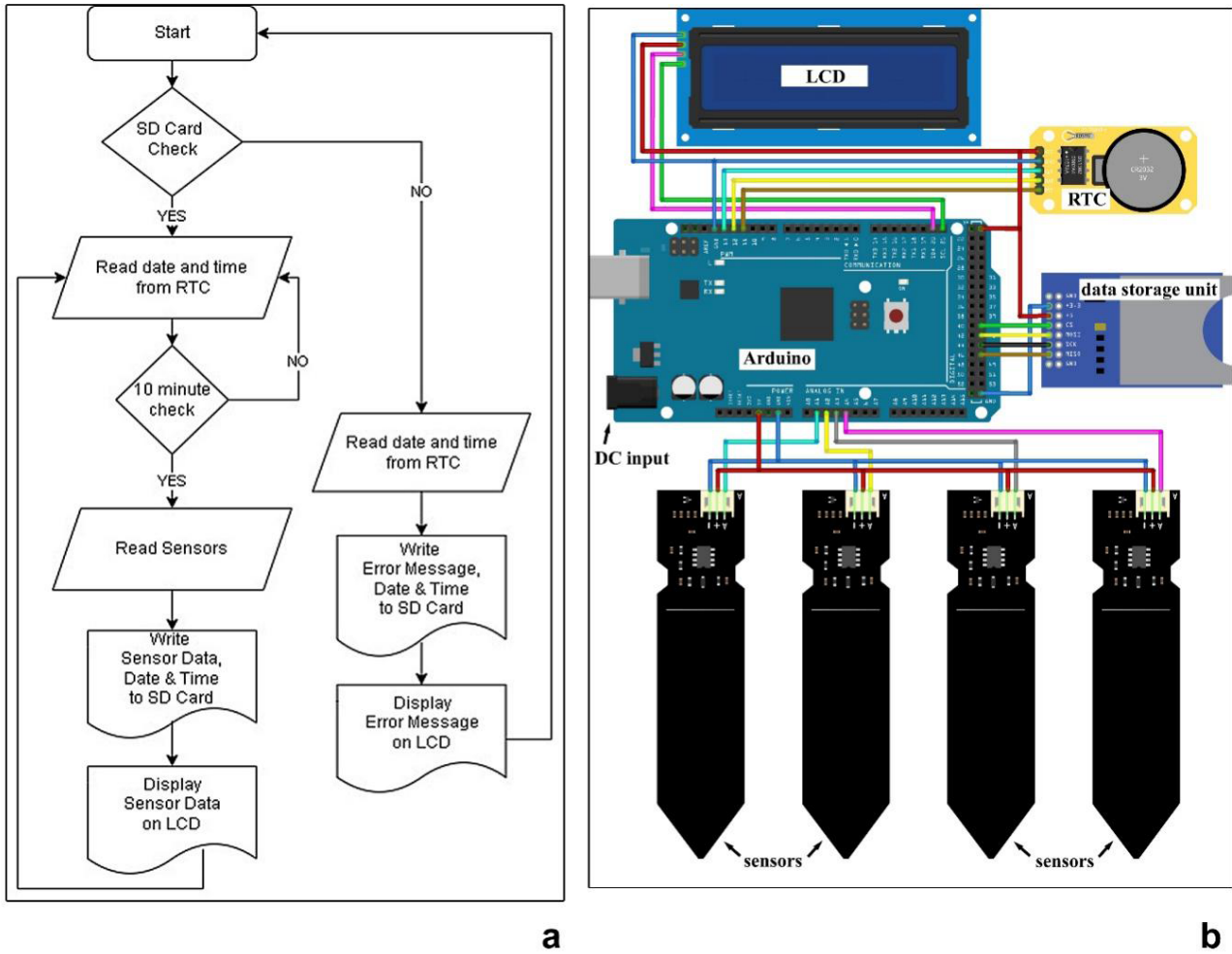


Figure 2. Algorithm (a) and principal schematics of the system (b)

The sensors used in the system are Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 and do not use electrical resistance detection like other low-cost sensors on the market. Instead, it measures soil moisture levels by sensing capacitance that changes according to the water content in the soil. The sensor works as a capacitor in a fixed frequency square wave oscillator circuit built with a 555 Timer IC. It converts the measured capacitance values into electrical signals in the range of 1.2 - 3.0 V. Thus, it can be connected to the analog input pin of a microcontroller such as Arduino. The sensor is coated with a corrosion-resistant material to ensure a long service life (Anonymous, 2022).

The microcontroller code of the system was written in the Arduino Development Environment (IDE) based on the C / C++ programming language and uploaded

to the Arduino Mega 2560. The analog values taken from the moisture sensors in the range of 0-5 Volts are saved to the memory card by performing analog-digital conversion (ADC) with 10-bit resolution. Therefore, the sensor data is in the range 0-1023 since it is 10-bit. Wire.h, LiquidCrystal_I2C.h, SPI.h, SD.h and DS1302.h libraries are used in the microcontroller code.

Method

The study was based on the determination of water content by the gravimetric method. An adequate quantity of the soil, characterized by the properties listed in Table 1, was collected and subjected to drying in an oven at 105°C for 24 hours. After cooling, 2000 grams of dry soil was placed in each pot. 4 flower pots with a hole in the bottom

were used. Sensors values was recorded for dry soils in each pots. Then, distilled water was added to the pots and it was waited until the weight decreased to 2562 grams for each pot, that is, the field capacity from Table 1 (% 28.1 = 562 g). Sensors values was recorded for wet soils in each pots. For the gravimetric evaluation, the amount of water in the range of 0-562 grams was taken as the basis, since it was 2562 grams when 2000 grams of dry soil was at field capacity.

The sensor values are in the range of 0-1023, since the analog-digital conversion is 10-bit resolution. When the wet soil weight drops to 2562 grams, the capacitive moisture sensors were placed in the pots and analog value measurements were made for the sensors in each pot (Table 2). Then, the soil in each pot was waited until it weighed 2000 g. This period lasted for 17 days under the conditions

of 28°C average temperature and 25 % average relative humidity to arrive almost dry soil about 2059-2063 grams. For the accuracy of the measurements, temperature and humidity were selected from the most suitable and stable values in the existing greenhouse during the period when the experiment was carried out. Pots were weighed once a day. The sensors were not removed during the measurement period. Soil moisture was recorded on the memory card for a period of 10 minutes during the system measurement period. Thus, sensor values that coincide with the weighing time could be obtained. After the measurement studies were completed, the memory card was removed from the system and the file containing the data was transferred to the computer environment and the values corresponding to each weighing were extracted. In all given values, empty pot weight values are excluded from the calculation.

Table 2. Digital values (10-bit) collecting from sensors

Sensor&Pot	1	2	3	4
Field Capacity	305	352	327	317
Dry soil	745	768	766	754

Regression analysis was performed between the weight and sensor values obtained for each pot. Regression equations, R-square's and linear regression curves were obtained. Pearson correlation analyzes were performed between sensors measurement values and between pots weight values.

Results and Discussion

Weighing values obtained from 4 different pots and 4 different sensor values were subjected to normality test separately and it was understood that they did not show

a normal distribution. According to the non-parametric Kruskal-Wallis tests, there is no statistically significant difference between the 4 different sensor values ($p>0.05$). Additionally, according to the Kruskal-Wallis test, there is no statistically significant difference between the weighing values obtained from 4 different pots ($p>0.05$).

Linear, quadratic and cubic regression relations and R^2 's between all of four water contents and the all of four sensor values are given in Table 3. Anova summary of regression analyzes are given in Table 4. Amount of water (gram) is abbreviated as PT and sensor value as SN.

Table 3. The regression equations and R^2 values

Model	Regression Equation	S	R^2 (%)	R^2 (adj.)
Linear	$PT = 2962 - 1.130 SN$	59.2849	85.6	85.4
Quadratic	$PT = 2217 + 1.732 SN - 0.002554 SN^2$	45.9321	91.5	91.2
Cubic	$PT = 4605 - 12.44 SN + 0.02409 SN^2 - 0.000016 SN^3$	35.6026	95.0	94.7

Table 4. ANOVA summary of regression analyzes

Model	DF	SS	F	P
Linear	1	1462952	416.24	0.000
Quadratic	1	100456	47.62	0.000
Cubic	1	59380	46.85	0.000

Thus, equations suitable for estimating water amount of a soil with known field capacity with sensors have been obtained. After the regression analysis between water contents and sensor values R-squared values 85.6 - 95.0 have been found (Table 3). Linear quadratic and cubic regression curves are given in Figure 3, 4 and 5 respectively.

According to the results of Pearson's correlation analysis, there was a very strong negative correlation (-0.925) was found between sensor measurements and changes in amount of waters ($p < 0.01$).

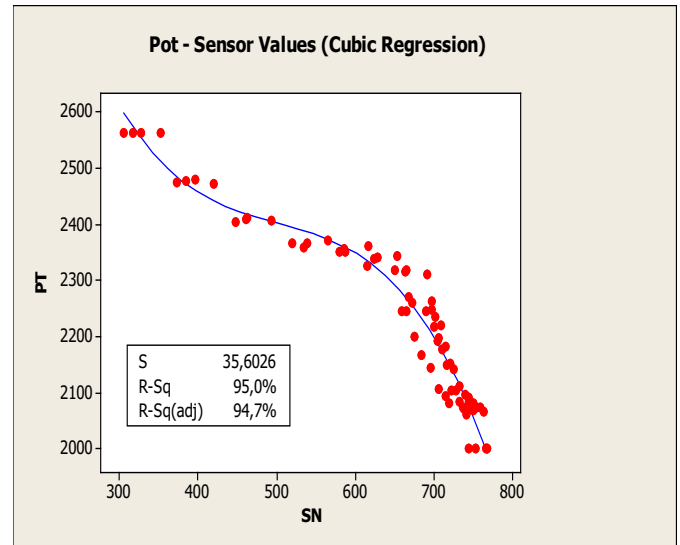


Figure 5. Cubic regression curve

Placidi et al. (2020), found correlation coefficient of -0.945 (very high negative correlation) between gravimetric and sensor results in their study with a similar low-cost capacitive moisture sensor and using silica sand as the material.

Muzdrikah et al. (2018), in their study with a similar low-cost capacitive moisture sensor and using soil with sandy loam structure as material, found the correlation coefficients between gravimetric and sensor results in the range of -0.976 to -0.986 (very high negative correlation).

Conclusion

In this study, it is aimed to create a low-cost system that can provide soil moisture measurement and digital recording of measurements by using capacitive soil moisture sensors and arduino platform. For this, a system has been created by connecting capacitive soil moisture sensors, real time clock (RTC), data recording unit (SD card) and LCD screen to Arduino Mega 2650 microcontroller board. A C/C++ programming language-based microcontroller code was written in Arduino IDE for the system. The moisture changes due to water loss in the analyzed soil samples and the digital data obtained during these changes were compared.

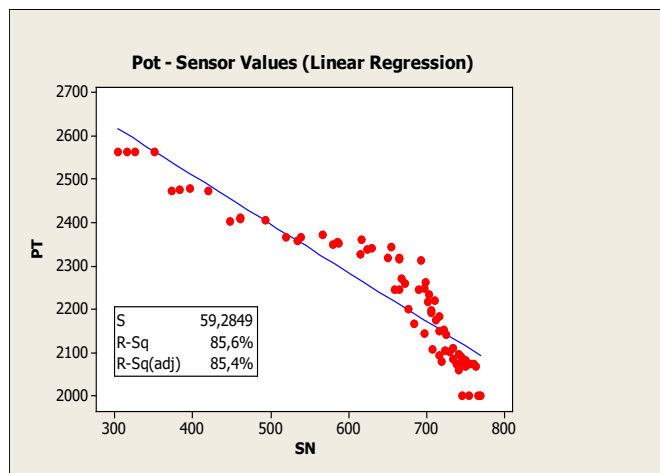


Figure 3. Linear regression curve

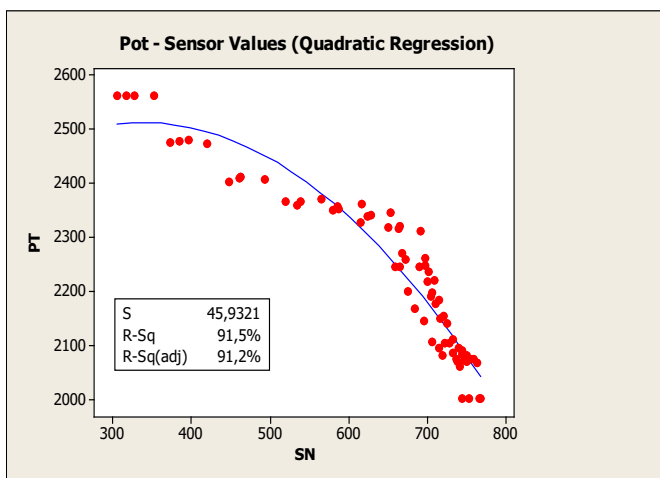


Figure 4. Quadratic regression curve

Since the study was at the prototype level, it was tried in a small number of pots. It has been shown that a fairly simple sensor and an open-source microcontroller platform can be effective through verification with gravimetric measurements of soil moisture. The system was able to record data for 17 days without any problems. Such sensors and system need to be tested for a long time in different soil types and field conditions.

In order for low-cost and practical measurement systems to be used commercially, future studies should first be carried out under fully controlled conditions and then continued under field conditions. It is expected that the moisture requirement in the soil can be measured and monitored with inexpensive microcontroller platforms such as Arduino in order to use water in a more controlled manner in agriculture. It is seen that the Arduino platform is a practical and inexpensive platform that can contribute to the development of systems in agricultural moisture measurement studies and, accordingly, irrigation automation. The system shows the potential to be used in monitoring water use in greenhouses. With additional changes and additions to be made; the system that can operate in field conditions, can detect environmental variables other than moisture and has the potential to be used in irrigation control has been obtained.

Author Contribution

MYP: Conceptualization, hardware arrangements, microcontroller code design in ArduinoIDE, greenhouse study, data collection, statistical analysis, writing (original draft preparation), writing (review and editing); **AÖ:** Writing (editing). All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial or non-financial, professional, or personal conflicts that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Ethical statement

The authors declared that this article complies with research and publication ethics.

References

- Anonymous (1995) Instruments for the measurement of moisture and dielectric properties using time domain reflectometry. Soil Moisture Equipment Company, Santa Barbara, CA.
- Anonymous, 2022. Interface Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 with Arduino. <https://how2electronics.com/interface-capacitive-soil-moisture-sensor-arduino/>, Accessed 20 March 2023.
- Bryan, A. B., & Sanders, I. C. (1928). The dielectric constant of air at radio frequencies. *Physical Review*, 32(2), 302.
- Dean, R. N., Rane, A. K., Baginski, M. E., Richard, J., Hartzog, Z., & Elton, D. J. (2011). A capacitive fringing field sensor design for moisture measurement based on printed circuit board technology. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 61(4), 1105-1112.
- Fares, A., & Alva, A. K. (2000). Soil water components based on capacitance probes in a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 311-318.
- Fares, A., & Polyakov, V. (2006). Advances in crop water management using capacitive water sensors. *Advances in Agronomy*, 90, 43-77.
- Fidan, G., & Korkmaz, Y. 2018 İplik Temizleme Sistemlerine Genel Bir Bakış. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4), 312-321.
- Halbertsma, J., Przybyla, C., & Jacobs, A. (1987). Application and accuracy of a dielectric soil water content meter (No. 1786). ICW. Wageningen.
- Hartmann, R. 1996. *Soil Water ConLenı and Potential Measuring Tehniques*. In Advanced Short Course on Soil Water Balance and Transport Processes, 9-20 September. (pp. 59-105), Adana, Türkiye.
- İyibakanlar, G. & Oktay, A., (2007). Bazı polimerlerin dielektrik özelliklerinin frekansla değişimlerinin

- incelenmesi. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 3(1), 11-19.
- Koçak, Ç., & Kırbaş, İ. (2016). Arduino tabanlı prototip akıllı ev sistemi tasarımı. *Akademik Bilişim*, 3.
- Kusriyanto, M., & Putra, B. D. (2016). *Smart home using local area network (LAN) based arduino mega 2560*. 2nd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)(pp. 127-131). IEEE.
- Kutilek, M. & D.R. Nielsen (1994). *Soil hydrology*. Catena Verlag. Cremlingen-Destedt. Germany.
- Mander, G., & Arora, M. (2014). *Design of capacitive sensor for monitoring moisture content of soil and analysis of analog voltage with variability in moisture*. In 2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences (RAECS) (pp. 1-5). IEEE.
- Muzdrikah, F. S., Nuha, M. S., & Rizqi, F. A. (2018). *Calibration of capacitive soil moisture sensor (SKU: SEN0193)*. 4th International Conference on Science and Technology (ICST) (pp. 1-6). IEEE.
- Narmadha, G., Sreeja, B. S., Bindu, B., & Wiselin, M. J. (2012). Capacitive fringing field sensor design for moisture measurement. *Asian J. Sci. Appl. Technol*, 1(2), 10-14.
- Özbek, Ö. & Kaman, H. (2014). The definition and monitoring of soil water content. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (special issue-1), 1067-1071.
- Öztaş, T. (1997). Toprağın nem tayininde kullanılan yeni bir yöntem TDR (time domain reflectometry). *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2).
- Placidi, P., Gasperini, L., Grassi, A., Cecconi, M., & Scorzoni, A. (2020). Characterization of low-cost capacitive soil moisture sensors for IoT networks. *Sensors*, 20(12), 3585
- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). *World water and food to 2025: dealing with scarcity*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC
- Uytun, A., Pekey, B., & Kalemci, M. (2013). *Toprak nemi ölçümleri*. VIII. ULUSAL Ölçüm Bilim Kongresi, (pp. 26-28). TÜBİTAK UME, Gebze, Kocaeli.

The Effect Of Some Organic Materials On Soil Organic Content And Some Soil Physicochemical Properties, In Türkiye

Bazı Organik Materyallerin Türkiye Topraklarının Organik Maddesi ve Bazı Fiziko Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

Abstract


This review is written based on the actions that can be taken, especially on the presence of organic matter and plant nutrients decreasing day by day in Turkish soils. Agriculture has been a long-standing activity in our geography, which has hosted many civilizations throughout history. Therefore, our soils have been becoming poor in terms of plant nutrients for thousands of years. Previous research conducted in many parts of Turkey has shown a deficiency of organic matter in the majority of our soils. One of the sources of nitrogen in the soil is organic matter, and the deficiency of organic matter triggers nitrogen deficiency as well. When Turkey's soils are evaluated in terms of phosphorus, it is seen that they are supported by the use of chemical fertilizers. On the other hand, when studies are conducted with potassium, another macronutrient, no serious problems are encountered in Turkish soils. In recent years, some organic materials and soil conditioners that affect the physical and chemical structure of soils have been applied to support these nutrients through organic methods. Organic materials such as humic acid, leonardite, vermicompost, and biochar are evaluated within the scope of this review.

Keywords: Organic matter, humic acid, leonardite, biochar, vermicompost.

Sorumlu Yazar

Erol Gürkan İŞİN

gurkanisin@gmail.com

 0000-0003-4733-2638

Gönderilme Tarihi :

06 Mayıs 2024

Kabul Tarihi :

22 Ekim 2024

Özet

Bu derleme Ülkemiz topraklarının özellikle organik madde ve bitki besin elementlerinin varlığının her geçen gün azalıyor olması üzerine yapılabilecekler üzerinden yola çıkılarak yazılmıştır. Tarih boyu birçok medeniyete ev sahipliği yapan coğrafyamızda tarım çok eski yıllardan beri yapılan bir faaliyettir. Dolayısıyla topraklarımız binlerce yıldır bitki besin elementleri açısından fakir hale gelmeye başlamıştır. Daha önce Türkiye'nin birçok yerinde yapılan araştırmalarda topraklarımızın büyük çoğunluğunda organik madde noksanlığına rastlanmaktadır. Topraktaki azotun kaynaklarından biri de organik maddedir. Organik madde noksanlığı beraberinde azot noksanlığını da tetiklemektedir. Yine Türkiye toprakları fosfor bakımından değerlendirildiğinde kimyasal gübre kullanımı ile desteklendiği ortaya çıkmaktadır. Bir diğer makro element olan potasyum ile yapılan çalışmalarda Türkiye topraklarında ciddi noksanlık gibi bir sorun olmadığı karşımıza çıkmamaktadır. Son yıllarda bu besin elementlerini organik yollarla destekleyebilmek adına toprakların fiziksel ve kimyasal yapılarına etkiye bulunan bazı organik materyaller ve toprak düzenleyiciler uygulanmaktadır. Humik asit, leonardit, vermikompost ve biyokömür gibi organik materyaller bu derleme çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik madde, humik asit, leonardit, biyokömür, vermikompost.

1. Introduction

The aim of this study is to investigate the effects of certain organic materials (humic acid, leonardite, vermikompost, and biochar) on the soil structure and nutrient content, particularly focusing on the improvement of soil organic matter, phosphorus, and potassium levels in Turkish soils. The study seeks to evaluate the effectiveness of these organic materials in addressing the issues of declining soil fertility and to promote sustainable agricultural practices. Turkey is located on the cradle of ancient civilizations that have hosted many civilizations since ancient times. It is known that vital activities have been carried out for periods equivalent to

human history in the Anatolian geography we are in. In this geography, which has hosted many civilizations, there are, of course, numerous ongoing agricultural activities. It is known that the economies of the important cultures in Anatolia, dating back to the years before Christ such as the Hittites, Phrygians, Urartians, and Lydians, are based on agriculture and animal husbandry. Soil is not an unlimited resource. Soil organic matter is decreasing day by day with various agricultural activities, especially with the reduction of agricultural areas and some activities aimed at getting more product from unit areas causing serious losses in soil organic matter. In fact, soil organic matter consists of plant and animal residues found in the soil. Organic matter is one of the most important parameters affecting the physical and chemical properties of the soil. Soil organic matter not only improves the physical properties of soils such as good soil structure, stability of aggregates, water holding capacity, aeration, and tilth, but also facilitates the uptake of nutrients by plants due to its cation exchange capacity (Güçdemir, 2006). The cation exchange capacity of organic matter is approximately 250 me/100 g, and it absorbs plant nutrients from the soil solution into the plant. In this way, it contributes significantly to the nutrition and development of the plant (Ergene, 1993).

In addition to organic matter, there are certain elements necessary for the growth and continuation of vital functions of the plant. The elements that are absolutely necessary for plants to complete their growth and normal life processes, and whose functions cannot be fulfilled by other elements, are called "Plant Nutrients". The absolute necessity of nutrient elements for plants depends on the fulfillment of the following three factors: (Karaçal 2008)

1. The plant should not be able to complete its life cycle without the element.
2. The deficiency symptom of the element should be unique to that element.
3. The element should directly interact with plant nutrition.

Nitrogen (N), Phosphorus (P), and Potassium (K) are the main elements that constitute the backbone of fertilization, and they are the elements where we encounter deficiencies most frequently in our soils.

It is hypothesized that the organic materials evaluated in this study, humic acid, leonardite, vermicompost, and biochar will significantly increase the organic matter content of Turkish soils and enhance the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium. Furthermore, it is anticipated that the application of these organic materials will positively impact soil structure, leading to improved plant growth and development.

2. The Status of Soil Organic Matter, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in Turkey's Soils

2.1 Soil Organic Matter Status in Turkey

As briefly mentioned in the introduction, it would not be wrong to say that the potential of organic matter in our country's geography is not very good. Numerous studies have been conducted on the organic matter contents of Turkish soils. The data presented at the workshop on organomineral fertilizers in Turkey regarding the organic matter content and its changes in Turkish soils are shown in Figure 2.1 (Anonymous 2018a). The results indicated that Turkish soils generally have low organic matter content, which poses a significant problem for sustainable agriculture. In the study conducted by Şenses et al., (2015) organic matter analyses were performed on soil samples collected from various provinces of the country, and regional differences were revealed. It is observed that the mineral part of our soils generally constitutes 96-99% of the upper part of our soils (especially 0-30cm), while 1-4% consists of organic matter (Eyüpoğlu, 1999).

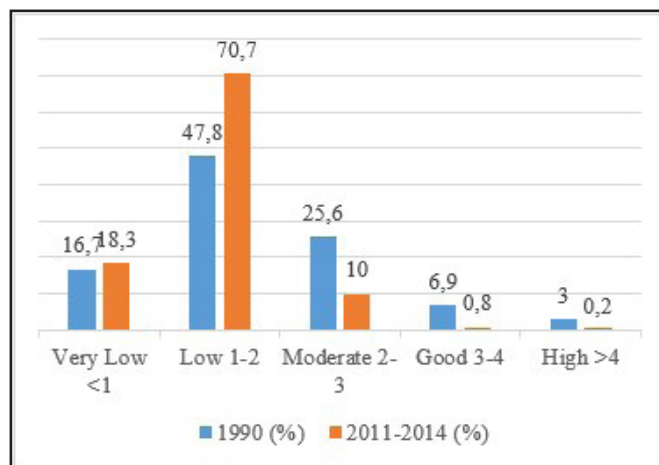


Figure 2.1 Distribution of Organic Matter Content in Turkish Agricultural Soils (Anonymous 2018a)

Comprehensive studies have been conducted on both organic matter and mineral substances in Turkish soils under the auspices of the Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute Directorate. Within the scope of the Turkey Soil Productivity Inventory Project (TOVEP) conducted by the Soil Water General Directorate, approximately 250,000 soil samples were taken from Turkey and analyzed. According to these analysis results, the organic matter content of our soils is quite low. One of the main reasons for this is, as mentioned, the agricultural activities carried out in our soils for many years. Another reason is the errors in soil cultivation, the lack of established crop rotation systems, stubble burning, incorrect fertilization, human and natural environmental errors, and phenomena resulting from these factors, among others. These results are classified with the help of the table provided below (Güçdemir, 2006).

Table 2.1 Soil Organic Matter Contents Categorized According to Their Status (Güçdemir, 2006)

Organic Matter (%)	The Status of Soil Organic Matter
<1	Very Low
1-2	Low
2-3	Moderate
3-4	Good
>4	High

When the data is examined collectively, it is observed that the organic matter contents are low in regions dominated by a warm climate and high in regions with abundant rainfall and relatively moderate temperatures. Although evaluated regionally according to the assessment criteria provided in Table 2.1, a regional distribution table of organic matter contents as shown in Table 2.2 has been revealed.

Accordingly, the organic matter status of Turkish soils generally ranges between 1-2%, which can be considered low. When examined regionally, as mentioned above, in regions that can be considered within the warm and arid climate zone, organic matter levels are generally low and very low, while in places with abundant rainfall and relatively cool climates such as the Black Sea region, they are much higher compared to the average (Güçdemir, 2006).

Table 2.2 Regional Distribution of Organic Matter Content in Turkish Soils (Güçdemir, 2006)

Regions	Soil Samples	Very Low	Low	Moderate	Good	High
Trakya and Marmara	26563	20	42.5	23.6	8.9	5
Karadeniz	36291	8.1	29.2	30.6	16.8	15.3
Orta Anadolu	76688	24.5	50.2	19.2	4.3	1.8
Güney Doğu	25523	20.5	48	22.7	5.6	3.2
Doğu Anadolu	12023	10.7	42.2	28.1	11.8	7.2
Ege	22695	35.7	43.7	15.3	3.9	1.4
Göller	27575	26.3	40	21.9	7.9	3.9
Akdeniz	16095	13.4	40.7	27.8	10.9	7.2
Total	243453	51088	105164	55278	19467	12456
Average	%	21	43.2	22.7	8	5.1

2.2 Phosphorus Status of Turkey's Soils

Phosphorus is one of the main elements that plants require most, along with Nitrogen and Potassium. The sources of phosphorus in the soil are organic phosphorus compounds and mineral rocks, which are found in both organic and inorganic forms in the soil. The presence of phosphorus in the soil does not mean the amount of phosphorus available to the plant. Generally, only about 1

or 2% of the total phosphorus is found in the soil in a form that is beneficial to the plant.

Current studies on the phosphorus status of Turkish soils have also been conducted, and a comprehensive study has been carried out based on 240,000 soil samples (Eyüpoğlu, 1999). In order to interpret the evaluation made according to the Olsen phosphorus analysis method, Table 2.3 was used.

Table 2.3 Values Used to Determine Soil Phosphorus Status (Eyüpoğlu, 1999)

Fosfor Status (kg P ₂ O ₅ da ⁻¹)	Classification
<3	Very Low
3-6	Low
6-9	Moderate
9-12	Good
>12	High

As a result of the study conducted in accordance with this classification criterion, it was found that 29% of Turkish soils are poor in phosphorus. Phosphorus deficiency is observed in 55% of Turkey overall. When evaluated regionally, it would be correct to say that phosphorus

levels are sufficient and high in locations where irrigable areas are dense. In other words, phosphorus accumulation is observed in irrigable areas (Eyüpoğlu, 1999). The table established for these data is presented in detail in Table 2.4.

Table 2.4 Regional Distribution of Phosphorus Content in Turkish Soils (Eyüpoğlu, 1999)

Regions	Soil Samples	Very Low	Low	Moderate	Good	High
Trakya and Marmara	26563	17	19.1	16.2	12.8	34.9
Karadeniz	36291	35.8	24.9	11.9	7.6	19.8
Orta Anadolu	76688	31.3	27.5	18.3	8.8	14.1
Güney Doğu	25523	39.5	34.4	15.9	5.9	4.3
Doğu Anadolu	12023	36.2	27.5	15.8	8.8	11.7
Ege	22695	19.2	27.4	20.6	11.4	21.4
Göller	27575	24.2	28	19.2	12	16.6
Akdeniz	16095	14.5	24.7	21.3	13.7	25.8
Total	243453	69260	65102	41851	23505	43238
Average (%)	100	28.5	26.8	17.2	9.7	17.8

Especially in recent years, significant data have been obtained from studies conducted in certain locations in Turkey regarding phosphorus accumulation in irrigated areas. In a study conducted to determine the soil properties of the Kızılcahamam district of Ankara province, it was found that 17.65% of the soil samples taken from irrigated areas had low phosphorus, 23.53% had moderate phosphorus, 23.53% had excess phosphorus, and 35.29% had very high phosphorus levels (Işın and Aydın, 2019). When past studies are examined, it would be correct to say that the phosphorus content of soils in Turkey has

gradually increased over the years, according to the data. While phosphorus deficiency was noticeable in 85-90% of Turkish soils in a study conducted by Ülgen and Yurtsever (1974), many analyses conducted up to the present day have revealed an increase in phosphorus accumulation in soils. It would not be wrong to say that there has been an increase in phosphorus levels in our soils over the years. Kaplan et al. (1992) noted this change in an assessment made to observe a change over the years. The data from their study are shown in Table 2.5.

Table 2.5 Distribution of Phosphorus Content in Turkish Soils in % (Kaplan et al., 1992)

Years	Soil Sample	Very Low %	Low %	Moderate %	High%	Very High%
Until 1974	31441	44.3	30.3	11.3	7.1	6.8
Until 1984	65008	33.3	32.8	18	8.7	7.2

The phosphorus status varies depending on the physical conditions of the regions. For example, in a study conducted to determine the basic productivity levels of agricultural soils in the Middle and Eastern Black Sea Region; it was understood that 35.71% of the soils had very little phosphorus, 23.12% had little phosphorus, 10.14% had moderate phosphorus, 5.53% had high phosphorus, and 25.50% had very high phosphorus content. Despite the application of phosphorus fertilizers, phosphorus deficiency is observed due to the runoff of phosphorus fertilizers applied to the surface of sloping lands and the depth of the soil in hazelnut orchards (Özyazıcı et al., 2016). According to the findings of this research, one of the reasons for phosphorus deficiency is that the applied fertilizers are not suitable for the fertilization techniques and land structure.

2.3 Potassium Status of Turkey's Soils

Due to Turkey's geological structure and climatic characteristics, it is a country rich in potassium resources. Potassium is a nutrient element that is abundant in soils nationwide due to our clayey soil structure and the abundance of potassium-rich minerals such as feldspar and mica. In general, Turkish soils are adequately rich in potassium content. A comprehensive study conducted on 240,000 soil samples has determined the potassium values of our soils (Ülgen and Yurtsever, 1995). Table 2.6 has been utilized to evaluate the obtained data .

Table 2.6 Values Utilized to Determine Soil Potassium Status (Ülgen and Yurtsever, 1995) Formun Üstü

Potassium Status (kg K ₂ O da ⁻¹)	Classification
<20	Low
20-30	Moderate
30-40	Sufficient (Good)
>40	High

According to both literature reviews and the aforementioned study, the potassium content of Turkish soils has been found to be quite high. The table for this data is given in detail in Table 2.7. Accordingly, it is stated

that 92% of Turkish soils have sufficient to high potassium content, 5% have moderate levels, and 3% have insufficient levels (Eyüpoğlu, 1999).

Table 2.7 Regional Distribution of Potassium Content in Turkish Soils (Eyüpoğlu, 1999)

Regions	Soil Samples	Low	Moderate	Good	High
Trakya and Marmara	26563	5.6	10	12.2	72.2
Karadeniz	36291	6.5	9.3	17.3	66.9
Orta Anadolu	76688	0.5	1.9	2.7	94.9
Güney Doğu	25523	0.5	0.5	1.3	97.7
Doğu Anadolu	12023	0.8	2.3	3.9	93
Ege	22695	7.6	7.4	8.7	76.3
Göller	27575	2	3.2	4.5	90.3
Akdeniz	16095	4.6	10.1	12	73.3
Total	243453	7413	12069	17554	206437
Average %	100	3	5	7.2	84.8

Except for extreme cases, we can say that Turkish soils are quite rich in potassium based on the results obtained. In many studies conducted on this subject, potassium levels have been found to be quite high. In a study conducted by Işın and Aydın (2019) in the Kızılcahamam region, the average potassium level of the soils analyzed in the region was found to be 230.39 kg K₂O da⁻¹, ranging from 109.24 to 600.15 kg K₂O da⁻¹. The region has very high levels of potassium content due to both its rich mineral rocks and its clayey soil structure. This situation is true nationwide.

3. Impact of Some Organic Materials and Soil Amendments on the Physical and Chemical Properties of Soils

There are numerous materials applied to soils to meet the organic matter requirement. While some of these can be classified as fertilizers, others are referred to as soil conditioners. In terms of their nutrient content, the

evaluation often establishes a correlation with nitrogen, phosphorus, and potassium. This correlation is based on either the presence of these elements in the structure of the added material or their ability to enhance their availability. Generally, most of these materials contain high levels of organic matter.

3.1 Humic Acid

Humic substances are natural materials formed in soils, lakes, rivers, and seas, exhibiting perhaps the most widespread distribution on Earth's surface. Despite their widespread occurrence, there are still unknown aspects regarding their origins, synthesis, chemical structures, and reactions. Research on identifying what humic substances are, how they are formed, and how they function continues from the past to the present.

Humic acid significantly improves soil structure and enhances nutrient availability. Its application can improve the cation exchange capacity of the soil, facilitating the uptake of essential nutrients by plants. Research has shown that humic acid contributes to the growth and productivity of various crops by improving soil aeration, water retention, and microbial activity (Hossain et al., 2016)

The contents of C, O₂, H, N, and S in humic acids are shown in Table 3.1 (Ok, 2007). Despite containing numerous mineral substances, they are not considered as fertilizers due to the lack of desired proportions. Instead, they are primarily recognized as soil conditioners, organic materials regulating soil properties.

Table 3.1 The Elemental Composition of Humic Acids (%) (Ok, 2007)

Elemental Composition (%)	
C	50-60
O ₂	30-35
H	4-6
N	2-4
S	0-2

Through numerous studies conducted on humic acids, it has been demonstrated that they significantly improve soil structure. Being organic materials, they aid in the healthy development of plant roots, confer resistance to root diseases, and promote lateral root formation. Humic acids facilitate the uptake of essential nutrients by plants. Research has identified that humic acid and its derivatives enhance the permeability of plant membranes, thereby facilitating the absorption of nutrients by plants (Canellas and Olivares, 2014). Due to their high cation exchange capacity (CEC), they directly impact plant nutrition. Additionally, they have positive effects on soil organic matter and consequently on soil microbial activity. Several studies have found that humic acid applications increase the available phosphorus content in soils (Beneddetti et al., 1996; Erdal et al., 2000). In a study conducted by Demir and Çimrin (2011) in Van province, increasing doses of humic acid applications were found to significantly contribute to the soil's organic matter and available phosphorus content. In an experimental study aimed at determining the effects of organic soil conditioners on soil parameters, it was found that the application of humic acid at the highest dose increased the soil's organic matter content significantly. However, concerning phosphorus, while the addition of different doses and types of humic acid resulted in increased soil phosphorus levels compared to soils treated solely with chemical fertilizers, this increase was statistically insignificant. The material used potassium humate, was found to increase the potassium content of soils to a certain extent (Tamer et al., 2016).

3.2 Leonardite

Leonardite is a completely natural organic material that has not reached the level of very young coal and contains high levels of humic acids along with macro and micronutrients. Its formation is the result of specific geological conditions such as temperature, humidity, pressure, oxidation, and very special geological conditions, dating back millions of years to plant and animal residues, and is a natural material that is rarely found in nature and whose quality varies from region to region.

Leonardite, rich in humic substances, serves as an excellent soil conditioner. Its application can enhance the organic matter content of the soil, improve nutrient availability, and mitigate issues related to soil acidity and salinity. Incorporating leonardite into the soil can lead to improved crop yields and healthier soil ecosystems (Engin and Cöcen, 2012).

Due to its high content of humic acids, leonardite is of significant value. It appears black-brown and can be easily

crumbled by hand, with a humic acid content ranging from 50% to 80%. Its density ranges from approximately 0.75 to 0.85 g cm⁻³, and its pH value is between 3 and 5. It is highly soluble in 1% KOH and NaOH solutions but has low solubility in water. Its solution is shiny black in color, foamy, colloidal, and oily in appearance. It readily dissolves in saturated mud prepared with soil having a pH value of 8-9. The table 3.2 below provides the classification of leonardite quality. (Engin and Cöcen, 2012)

Table 3.2 Leonardite Quality Classification (Engin and Cöcen, 2012)

Composition	Low Quality	Medium Quality	High Quality
Humic Acid Content	35-50	50-65	65-85
Amount of Organic Matter	Min 35	Min 50	Min 65
pH	6.5 ± 1	5.5 ± 1	4 ± 1
C/N	21 ± 1	19 ± 1	17 ± 1
Specific Gravity (g/cm ³)	1.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.8 ± 0.1
Solubility in Alkaline Solution	Low	Medium	High

Typically used as a substitute for animal manure, it is referred to as a soil conditioner and organic matter supplement. It is richer in organic matter compared to animal manure and contains higher levels of humic and fulvic acids. It does not contain nematodes or weed seeds. It is a rare organic product that provides a solution to problems such as soil acidity caused by excessive chemical use, calcification, soil infertility, and salinity. It is known as

an organic soil conditioner. The most significant difference between it and soil lies in plant nutrients. Leonardite is high in phosphorus (P₂O₅) but low in potassium (K), with high levels of calcium carbonate content, making it a neutral substance in terms of soil reactions (pH). Moreover, it is rich in micronutrients that can be absorbed by plants (Fe, Mn, Cu, Zn). The desirable characteristics that should be present in high-quality leonardite are shown in Table 3.3.

Table 3.3 Sample Chemical Analysis Values of High-Quality Leonardite (Engin and Cöcen, 2012)

C	% 30.7		Humic Asid	% 65-85
H	% 2.4		Moisture	% 15-20
N	% 1.7		Total Organic Matter	% 86
S	% 1.5		Ca	% 1.2
O	% 34		Mg	% 0.12
C/N	18.3		P	% 0.05
Fe	% 1.85		K	% 0.76

3.3 Vermicompost

Vermicompost is a soil conditioner produced based on the activity of earthworm species known as *Lumbricus rubellus* and *Eisenia foetida*, which organically process the dung of large ruminant animals and organic plant materials (such as straw, tree bark and leaves, vegetable and fruit residues, etc.), altering their physical and chemical structures. The application of vermicompost effectively provides the plant's required nutrients in an accessible form and enhances the uptake of these nutrients by the plant. Additionally, various researchers have reported that the application of vermicompost to soil can improve its physical, chemical, and biological properties, thereby facilitating the cultivation of high-quality and high-yield crops. In heavy clay soils, it improves water and air permeability and prevents soil particles from sticking together. In light sandy soils, it helps retain water and nutrients and keeps soil particles together.

Vermicompost, produced through the activity of earthworms, is a valuable organic amendment that enriches the soil with essential nutrients and beneficial microorganisms. The application of vermicompost can enhance soil structure, improve water retention, and stimulate microbial activity, ultimately contributing to increased plant growth and crop productivity (Edwards and Arancon, 2004).

Research on vermicompost indicates that this material has virtually no adverse effects on soil structure. It enhances almost all physical properties of the soil, increases water retention capacity, and regulates pH. It rehabilitates problematic soils that have lost productivity, and organic content, and have been continuously exposed to chemicals. It provides plants with the trace elements they need externally. It enhances root development in plants and contributes to the development of vegetative parts. Additionally, it synergistically interacts with soil microorganisms, providing an additional contribution to the improvement of soil structure.

In a study conducted on worm fertilizers produced by producers in Turkey, analyses of solid worm fertilizers produced in different regions were provided for 16 facilities, and solid fertilizer results were obtained from accredited laboratories. Four kilograms of solid worm fertilizer were taken from each facility and sent to laboratories. Laboratories kept some of the solid fertilizers as reference samples, and the rest were analyzed for pH, EC, Total Nitrogen-N, Phosphorus-P, Potassium-K, organic matter, C/N ratio, and moisture content (Çıkrıkçı and Okumuş, 2019).

Table 3.4 pH, EC, Moisture, C/N ratio, Total NPK, and Organic Matter Values of Facilities Producing Solid Worm Fertilizers (Çıkrıkçı and Okumuş, 2019)

Facilities	pH	EC	moisture %	C/N	Tot. N ppm	Tot. P ppm	Tot. K ppm	Org. Mat.%	Humic Fulvic%
Ankara 1	7.02	323	30.39	8.42	2500	1400	9600	42.31	25.07
Ankara 2	7.21	742	15.50	9.01	2060	1390	8940	51.50	15.80
Ankara 3	8.20	298	22.60	13.90	2000	1440	8463	52.00	21.15
Balıkesir	8.01	620	25.41	15.16	2100	8259	10714	63.53	53.71
Çorum	7.98	510	35.10	16.12	1400	9327	9760	33.32	20.20
Denizli 1	7.23	590	48.43	18.01	380	1300	1100	26.84	21.46
Denizli 2	7.40	538	72.70	16.20	1900	1880	1600	53.10	-*
İstanbul	7.12	1870	20.34	12.02	2000	5230	8903	45.29	18.51
İzmir	7.34	1899	66.21	14.46	1770	1894	7626	58.58	19.05
Konya 1	7.51	554	90.73	26.65	180	1230	5800	6.54	4.94
Konya 2	8.36	990	46.12	13.32	1500	1583	6792	52.00	20.81
Samsun 1	7.31	1941	62.13	5.092	2651	5851	14620	67.55	29.80

Samsun 2	7.72	584	72.50	6.23	1900	8870	12374	53.20	47.62
Muğla	7.17	656	58.34	-*	2980	8300	14600	86.120	55.88
Tokat 1	7.88	1058	73.67	4.441	2175	6044	10330	60.15	24.93
Tokat 2	8.30	968	72.40	6.70	1360	4892	9873	47.72	28.90
Average	7.61	883.81	50.78	12.38	1803.5	4305.6	8818.4	49.98	27.18

3.4 Biochar

The carbon-rich byproduct produced when agricultural residues, wood, and other biomass materials are heated through pyrolysis in an oxygen-free environment is commonly referred to as “biochar.” Biochar is an organic soil conditioner that is formed by the breakdown of organic materials under anaerobic or pyrolytic conditions (350-600 °C), resulting in a porous carbon source. Fine-grained carbon and mineral-rich products obtained after the gasification of organic matter with minimal oxygen are referred to as biochar. (Kwaku et al., 2023) Biochar can be made from any biomass, including wood, manure, food waste, organic by-products, bioenergy products, crop residues, or other organic materials. The nutritional qualities, absorption capacity, cation exchange capacity, and degradation period of biochar can vary depending on the raw material quality, pyrolysis process, and management type. Numerous studies have been conducted on biochar, and research is ongoing. Some studies mention its benefits, some report no effect, and others highlight negative aspects. Essentially, the excessively porous structure of biochar hosts numerous microorganisms, bacteria, and various soil organisms, making it permeable and airy. Additionally, it positively influences soil physical properties such as soil aeration and water retention capacity. As soil microorganism activity increases, significant organic matter is contributed to the soil, and nutrients become more easily retained by the soil.

According to Lehmann and Joseph (2015) biochar, produced from the pyrolysis of organic materials, enhances soil fertility by increasing the soil’s carbon content and improving its physical properties. The addition of biochar to the soil can lead to enhanced nutrient retention, improved soil aeration, and increased microbial activity. Furthermore, biochar contributes to long-term soil health and sustainability by sequestering carbon.

4. Conclusion

All research results indicate that the applications of humic acid, leonardite, vermicompost, and biochar improve the physical structures of soils, increase organic matter content, and to some extent, elevate Nitrogen, Phosphorus, and Potassium contents. However, for these organic materials to serve as alternatives to chemical fertilizers, they need to be enriched, especially in terms of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. Studies have shown that these materials are beneficial but insufficient in terms of plant nutrition. Since each material may have different compositions, achieving standardization seems challenging. There is a need for studies to enrich these materials as organomineral fertilizers to become alternatives to chemical fertilizers. BÜGEM’s registration processes need to be reviewed to establish standards for the desired parameters. Each organic material consists of different organic compounds, and their structures are homogeneous within themselves. For example, vermicompost may vary in content depending on the worm species, their diet, and even the environment. Therefore, it is not possible to determine which of these materials contributes more to the Nitrogen, Phosphorus, and Potassium contents in the soil. However, it would not be incorrect to say that each contributes to certain amounts. Recommendations on this subject can be listed as follows.

1-Promotion of Organic Materials Use:

It is essential to encourage the use of organic materials such as humic acid, leonardite, vermicompost, and biochar among farmers to improve soil health and increase agricultural productivity. The effective application of these materials, considering appropriate dosages and timing, can enhance the nutrient content of the soil (Demir ve Çimrin, 2011).

2-Selection of Organic Materials Suitable for Local Conditions:

The effectiveness of organic materials can vary depending on the soil structure, climatic conditions, and crop types. Therefore, farmers and agricultural specialists should select and apply organic materials that are appropriate for local soil and climate conditions. For instance, humic acid and leonardite may be particularly effective in more acidic soils, while vermicompost may be better suited for sandy and clay soils (Erdal et al., 2000).

3-Integrated Use with Chemical Fertilizers:

Organic materials may not provide sufficient nutrients on their own. Therefore, they should be integrated with chemical fertilizers as needed to address deficiencies in nitrogen, phosphorus, and potassium. However, care should be taken to avoid excessive use of chemical fertilizers (Kaplan and et al., 1991).

4-Development of Policies for Sustainable Agricultural Practices:

Agricultural authorities should establish support programs that promote the use of organic materials. This will encourage the adoption of sustainable agricultural practices and contribute to the long-term health of the soil (Tamer et al., 2016).

5-Education and Awareness Programs:

Farmers and agricultural sector workers should be educated about the benefits, proper application methods, and long-term effects of organic materials. Such educational programs will facilitate the more effective and widespread use of organic materials (Çıkrıkçı and Okumuş, 2019).

6-Establishment of Standards and Quality Control:

The effectiveness of organic materials can vary based on their composition. Therefore, quality standards should be established for the production and sale of organic materials, and strict quality control procedures should be implemented (Engin and Cöcen, 2012). This will ensure that users have access to reliable and effective products.

References

- Anonim. (2018a). Organomineral Gübre Çalıştayı, I. BASIM Mayıs 2018, İstanbul.
- Benedetti, A., Figliolia, A., Izza, C., Canali, S., & Rossi, G. (1996). Some Thoughts on the Physiological Effects of Humic Acids: Interactions with Mineral Fertilisers. *Agrochimia*, 40(5-6), 229-240.
- Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). "The Role of Humic Substances on Plant Nutrition." *In Advances in Agronomy* (Vol. 126, pp. 153-206). Academic Press.
- Çıkrıkçı, S., & Okumuş, A. (2019). Solucan Gübre Teknolojisi: Kalite & Bitki Besleme Etkisi. 2. Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi 27-29 Aralık 2019 Samsun.
- Demir, E., & Çimrin, K. M. (2011). Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(3), 204-216.
- Edwards, C. A., & Arancon, N. Q. (2004). The influence of earthworm-processed organic waste on the growth and yield of plants. *Applied Soil Ecology*, 26(3), 197-213. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.03.001>
- Engin, V., & Cöcen, E. (2012). Leonardite and humic substances: Their significance and uses. *MT Bilimsel*, 2, 13-20. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mtb/issue/32063/354948>
- Erdal, İ., Bozkurt, M. A., & Çimrin, K. M. (2000). Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) gelişimi ve fosfor alımı üzerine hümik asit ve fosfor uygulamalarının etkisi. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 24(6), 663-668.
- Ergene, A. (1993). Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 245/a, Ziraat Fakültesi yayınları No:12, Ders Kitapları Serisi No:9, Erzurum.
- Eyüpoğlu, F. (1999). Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını Teknik Yayın No: T-67, Genel Yayın No: 220 Ankara.
- Güçdemir, İ. (2006). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi.

- Genel Yayın No: 231. Teknik Yayın No: T.69, Ankara.
- Hossain, M. A., Hossain, M. K., & Islam, M. S. (2016). The role of humic acid in the improvement of soil and plant properties: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 7(3), 121-129. <https://doi.org/10.17582/journal.abjna/2016/7.3.121.129>
- Işın, E., & Aydın, A. (2019). Ankara İli Kızılcahamam İlçesi Çeltikçi Bölgesi'nde Farklı Bitkilerin Yetiştirildiği Tarım Arazilerinin Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 0(368), 31-45. DOI: 10.33724/zm.622758
- Kaplan, M., Özgümüş, A., & Katkat, V. (1992). Gübre Tüketimimizdeki Bazı Değişimler. II. Ulusal Gübre Kongresi Tebliğleri. 30 Eylül-4 Ekim, 1991-Ankara. S. 161-169.
- Karaçal, İ. (2008). *Toprak verimliliği* (1. baskı). Nobel Yayın.
- Kwaku Armah, E., Chetty, M., Adebisi Adedeji, J., Erwin Estrice, D., Mutsvene, B., Singh, N., & Tshemese, Z. (2023). Biochar: Production, Application and the Future. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.105070
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: An introduction. In J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (pp. 1-12). Earthscan from Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315772999>
- Ok, S. S. (2007). Humik Maddelerin Yapısal Özellikleri Ve Tarımsal Önemi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Basılmamış Ders Notları, Ankara.
- Özyazıcı, M., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., & Ünal, E. (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 136-148. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuanajas/issue/20244/214690>
- Şenses, G., Aydın, Z., & Kaya, M. (2015). Türkiye Topraklarında Organik Madde İçeriği ve Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 101-110.
- Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C., & Namlı, A. (2016). Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 11-20. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tbbbd/issue/26782/281834>
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1974). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınlar Serisi No:28, Kemal Matbaası, Ankara.
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, 230 s., Ankara.

In vitro Responses of the *Lotus corniculatus* cv. 'AC Langille' to NaCl-induced Salt Stress

Lotus corniculatus cv. 'AC Langille'nin NaCl indüklü Tuz Stresine Karşı *In vitro* Tepkisi

Abstract

Lotus corniculatus L. is a legume plant that has a very important economic value for ecology and agriculture and is also used as a forage plant worldwide due to its high nutritional value. The tolerance of *L. corniculatus* to salt stress is lower than of other *Lotus* species (such as *Lotus tenuis*). Since breeding studies focused on high nutritional value and feed efficiency while developing new commercial varieties, tolerance to limiting environmental factors such as salt stress remained low in these varieties. However, studies on determining the tolerance of these commercial varieties to salt stress have been limited to date. This study was conducted under *in vitro* conditions with 4 replications, according to a completely randomized trial design, in order to examine the effect of different salt stress levels on germination and initial seedling growth period in 'AC Langille', a commercial variety of *L. corniculatus*. For this purpose, the seeds of *L. corniculatus* were planted in Murashige and Skoog/Gamborg (MG) medium containing NaCl at three different concentrations (0, 40, and 80 mM). Germination and growth parameters were calculated. According to the research results, it was determined that the applied NaCl concentrations had a statistically significant effect on germination (except mean germination time) and growth parameters, and negatively affected both germination (except mean germination time) and growth. It has been observed that salt stress affects the root more

Sorumlu Yazar

Ramazan BEYAZ

ramazanbeyaz@gmail.com

 0000-0003-4588-579X

Gönderilme Tarihi :
Kabul Tarihi :

05 Haziran 2024
07 Ekim 2024

negatively than the shoot. It was observed that 80 mM NaCl concentration reduced the seedling vigor index by 41.27%.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., salt stress, *in vitro*, germination, initial seedling growth

Özet

Lotus corniculatus L. ekoloji ve tarım için oldukça önemli ekonomik değeri olan, dünya genelinde yüksek besin değeri nedeniyle yem bitkisi olarak kullanılan bir baklagil bitkisidir. *L. corniculatus*'un tuz stresine olan toleransı diğer *Lotus* türlerine göre (*Lotus tenuis* gibi) düşüktür. İslah çalışmalarında yeni ticari çeşitler geliştirilirken yüksek besin değeri ve yem verimine odaklanıldığı için bu çeşitlerde tuz stresi gibi sınırlayıcı çevresel faktörlere karşı tolerans düşük kalmıştır. Bununla birlikte, günümüze kadar üretilen bu ticari çeşitlerin tuz stresine karşı toleransının belirlenmesi çalışmaları sınırlı kalmıştır. Bu çalışma farklı tuz stresi seviyelerinin *L. corniculatus*'un bir ticari çeşidi olan 'AC Langille'de çimlenme ve erken fide gelişim dönemi üzerine etkisini incelemek amacıyla tamamen tesadüfî deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak *in vitro* şartlarda yürütülmüştür. Bu amaçla *L. corniculatus*'un tohumları üç farklı konsantrasyonda (0, 40 ve 80 mM) NaCl içeren Murashige ve Skoog/Gamborg (MG) ortamına ekilmiştir. Çimlenme ve büyüme parametreleri hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, uygulanan NaCl konsantrasyonlarının istatistiki açıdan çimlenme (ortalama çimlenme süresi hariç) ve büyüme parametreleri üzerine önemli derecede etkisinin olduğu, ve hem çimlenmeyi (ortalama çimlenme süresi hariç) hemde büyümeyi olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Tuz stresinin kökü sürgüne göre daha fazla olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. 80 mM NaCl konsantrasyonunun fide canlılık indeksini %41.27 oranında azalttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Lotus corniculatus* L., tuz stresi, *in vitro*, çimlenme, erken fide gelişimi

Introduction

Today, approximately one billion hectares of land area worldwide are affected by salt; this accounts for approximately

7% of the Earth's total land surface (Hopmans et al., 2021). While the majority of salt-affected irrigated lands can be attributed to natural geochemical processes, around 30% of such lands worldwide are damaged by secondary salinization caused by human activities (Hopmans et al., 2021). Exposure to salinity stress can induce several forms of stress in plants, including ionic, oxidative, and osmotic stress, besides disrupting hormonal balance (Sári et al., 2023). Soil with water-soluble salts over 4 dS m⁻¹ (~ 40 mM) is classified as saline (Shokat and Großkinsky 2019). The essential phase for crop plants' susceptibility to salinity often occurs during the stages of germination and initial seedling growth. The temporal relationship between seed germination and seedling emergence in plants has a significant impact on their level of tolerance. Therefore, the species or cultivars that exhibit rapid germination or emergence acquire advantages in terms of their tolerance to NaCl (Beyaz et al., 2011). The impact of this particular stressor on agricultural output was examined across various levels, commencing with *in vitro* experimentation with plant tissue culture, followed by hydroponics, pots, and ultimately field conditions (Sári et al., 2023).

Tissue culture has been identified as a highly effective approach for investigating the responses of plants to stressful conditions (Dogan, 2020). In plant tissue culture, the manipulation of factors such as light, temperature, humidity, nutrient composition, and quantity can be precisely regulated. Consequently, any impact on plant growth resulting from the application of stress factors solely within the culture medium can be readily, expeditiously, cost-effectively, and dependably detected.

Lotus corniculatus L. (allotetraploid) is recognized for its significant value as animal feed (Büyükyıldız et al., 2023). It exhibits promising potential for replacing white clover and alfalfa in temperate regions worldwide (Diaz et al., 2005; Hunt et al., 2015; Savic et al., 2019). Furthermore, research has indicated that its utilization as a forage can lead to enhanced dairy production in comparison to alternative forage options (Diaz et al., 2005; Hunt et al., 2015; Savic et al., 2019). This particular species belongs to the outbreeding *Lotus* types that are extensively utilized for commercial purposes due to their ability to produce abundant above-

ground biomass with excellent nutritional content (Sanchez et al., 2011; Savic et al., 2019). Nevertheless, due to the advantageous selection of these traits, this particular forage crop demonstrates a lower capacity to tolerate salinity (Sanchez et al., 2011; Bao et al., 2014; Savic et al., 2019).

Since the breeding studies of commercially bred *Lotus* cultivars focus mostly on yield and productivity, their tolerance to other abiotic stress factors, especially salinity, is very low (Escaray et al., 2014; Escaray et al., 2019). Although the responses to salinity in some commercially bred lotus cultivars have been investigated in studies at the physiological, biochemical, and molecular levels (Antonelli et al., 2021; Azarafshan and Abbaspour, 2014; Bao et al., 2014; Teakle et al., 2006; Teakle et al., 2007; Uchiya et al., 2016), studies on determining the responses in the germination and early seedling development period, which are the most sensitive stages in tolerance to salinity, as in all plants, have remained quite limited. So far, only Büyükyıldız et al. (2023) examined the responses of *Lotus corniculatus* L. var. 'Sarıyıldız' to salinity during the germination and initial seedling growth period under *in vivo* conditions. However, it is well known that the responses of plants to salt stress may vary depending on plant species, and that even different varieties/cultivars within the same species show very different responses. In addition, Beyaz et al. (2011) reported that the responses of two different sainfoin species to the same doses of salt stress may differ even under *in vivo* and *in vitro* conditions. Therefore, this study was carried out to determine the responses of *Lotus corniculatus* L. cultivar 'AC Langille', which was bred for commercial purposes, to different salinity levels during germination and early seedling development periods under *in vitro* conditions.

Materials and Methods

Plant Material

The plant material used in this study consisted of the seeds of the *Lotus corniculatus* L. cultivar 'AC Langille', which were gathered in 2012 and provided by the Plants, Soils and Climate Department at Utah State University.

The entity known as 'AC Langille' was established by the Nappan Research Farm, which is a part of Agriculture and Agri-Food Canada. It was generated using two cycles of mass selection for winter hardiness and one cycle of mass selection for seedling vigor. The original material consisted of six distinct germplasms selected from the cultivar 'Leo' and provided by the Crop Science Department of the University of Guelph (Papadopoulos et al., 1998).

Plant Tissue Culture and Salt Treatments

The basal growth media used was the standard Murashige and Skoog/Gamborg medium obtained from Plant Media, USA. It consisted of 3% sucrose from Research Product International, USA, and 0.7% agar from Plant Media, USA. Prior to subjecting to autoclaving, the sample should be exposed to a temperature of 121 degrees Celsius and a pressure of 7.25 pounds per square inch absolute for a duration of 20 min. The acidity level of the medium was modified to a pH of 5.7. The seeds of *L. corniculatus* were subjected to surface sterilization using a 50% solution of commercial bleach (Clorox-USA) containing 8.25% sodium hypochlorite. Additionally, one drop of Tween-20 (Acros Organics) was added to the solution. The sterilization process lasted for 20 min, after which the seeds were rinsed three times with distilled water. The seeds were planted on a layer of material that was 2.5 cm thick in magenta boxes measuring 7.62 cm in length, 7.62 cm in width, and 10.16 cm in height. These boxes were obtained from BioWorld, a company based in the USA. Seeds were planted on a basic medium with varying amounts of NaCl (0-control-, 40, and 80 mM) added. The seeds were germinated and the seedlings were grown at a temperature of 25±1 °C. White fluorescent lamps were used to provide light at an intensity of 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PAR) for 16 h, followed by 8 h of darkness.

Germination assay and Morphological Observations

Germination assays and morphological observations were made considering Beyaz (2023). Once the radicle reached a length of 2 mm, the seed was said to have germinated. Commencing on the 9th day, the frequency of germinations was recorded at 24 h intervals (ISTA, 2003).

The mean germination time (MGT) was determined using the method described by Ellis and Roberts (1980). The formula ($\sum D_n / \sum D$ -Eq. 1-) MGT is defined as the sum of the number of freshly germinated seeds on each day D, divided by the sum of the total number of days since the start of the experiment. The germination rate of seeds under salt stress conditions was determined using the following equation:

Germination percentage (GP) = (Number of germinating seeds/Total number of seeds) \times 100 (Al-Enezi et al., 2012) (Eq. 2)

Measurements were taken on the seedlings that grew 14 days after the experiment began, including observations of shoot and root length (in centimeters) as well as fresh and dry weight (in grams). The dry weights of the samples were determined by drying them in an oven (VWR Scientific Inc., USA) at a temperature of 70°C for a duration of 48 h (Beyaz et al., 2011). The formulas used to compute water content (WC), dry matter (%) (DM), and vigor index (VI) are as follows:

Water content (WC) = (fresh weight - dry weight)/fresh weight \times 100 (Zheng et al., 2008) (Eq. 3)

Dry matter (DM) = (dry weight/fresh weight) \times 100 (Bres et al., 2022) (Eq. 4)

Seedling Vigor index (SVI) = (average root length + average hypocotyl length) \times germination percentage (GP) (Abdul-Baki & Anderson, 1973) (Eq. 5)

The germination rate index (speed of germination) was calculated using the formula $GRI = \sum \text{No of Germinated Seeds} / \sum \text{No of Days}$ according to Maguire (1962). (Eq. 6)

Statistical Data Analysis

The experiment was conducted using a completely randomized block design, with four replications. The gathered data were analyzed using a one-way Analysis of Variance (ANOVA) in the statistical software package SPSS 22. The statistical significance of the means was evaluated using the Duncan Multiple Range Test (DMRT) at a significance threshold of $P \leq 0.05$. Prior to doing statistical analysis, the data expressed as percentages underwent an

Arcsine transformation, as recommended by Snedecor and Cochran (1967).

Results and Discussion

In this study, the effect of different NaCl concentrations on germination and morphological changes in 14-day-old initial seedlings (Figure 1) of *Lotus corniculatus* L. cultivar 'AC Langille' was examined under *in vitro* conditions. The impact of increasing NaCl concentrations on the germination percentage (GP), mean germination time (MGT), and germination rate index (GRI) were presented in Figure 2A-2B-2C. It was observed that there existed a statistically significant ($P \leq 0.01$) disparity in GP and GRI across different NaCl concentrations. On the other hand, there was no statistical difference between NaCl concentrations in terms of MGT. Due to increasing NaCl concentrations, GP and GRI decreased. This decrease was calculated as 50% for GP and 66.21% for GRI, respectively, when comparing the control with the highest NaCl concentration (80 mM). However, due to increasing NaCl concentrations, there was a negligible decrease in MGT. This decrease was recorded as 0.14% (Figure 2B). Seed germination is often negatively affected in many plants due to the osmotic effect, ion toxicity, and oxidative stress caused by high doses of NaCl. Büyükyıldız et al. (2023) reported that increased NaCl concentrations (200 ppm to 10000 ppm) negatively affected ($P \leq 0.01$) germination rate and germination index of *L. corniculatus* variety 'Sarıyıldız'. Teakle et al. (2010) stated that increased NaCl-induced salinity negatively effected seed germination of commercial cultivars and accessions of *L. tenuis*. The fact that the averages of the groups are not statistically significant at increasing NaCl concentrations in terms of MGT means that the NaCl concentrations applied in the research are not at a level that would affect the germination period of *L. corniculatus* cv. 'AC Langille'. The application of salt stress frequently resulted in a higher mean germination time in comparison to the control group. However, it should be noted that the increase in salt concentration did not consistently lead to a proportional increase in the mean germination time (Büyükyıldız et al., 2023). Parallel with these results, Beyaz and Kazankaya (2024) reported that GP

and GRI in *L. corniculatus* cultivar 'Leo' decreased under 40 and 80 mM NaCl treatments. Cokkızgın (2012) noted that all the examined parameters such as germination index (GI), coefficient of velocity of germination (CVG), germination percentage (GP), and seed vigor index (SVI) decreased with increasing osmotic potential of NaCl (0.3 mPa to 1.5 MPa NaCl) concentration, except MGT in *Phaseolus vulgaris* L. Increased NaCl-induced salinity decreased the seed germination of many other legume plants were found with the findings of various researchers (Beyaz et al., 2018; Bhattarai et al., 2020). The process of seed germination is a complex developmental phenomenon that is impacted by a combination of intrinsic and extrinsic variables. The influence of salinity stress on seed germination can be linked to the delayed uptake of water and a reduction in the activity of α -amylase, an enzyme responsible for the breakdown of starch (Atta et al., 2023).

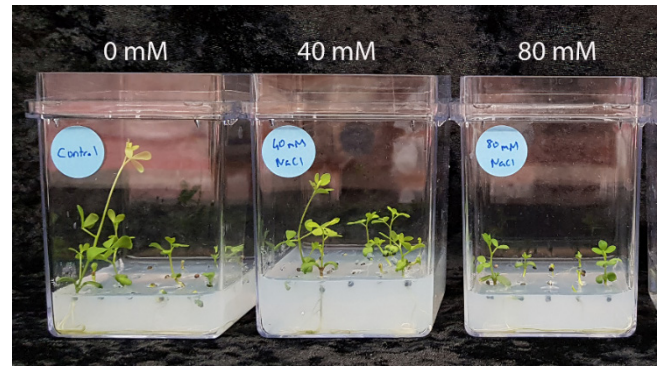
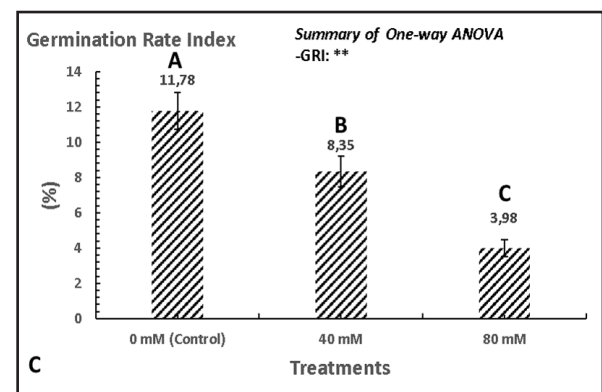
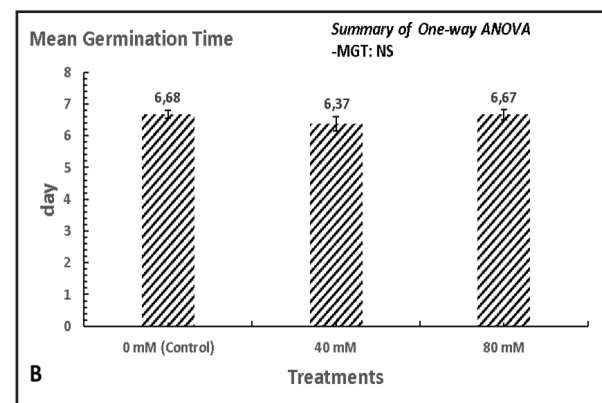
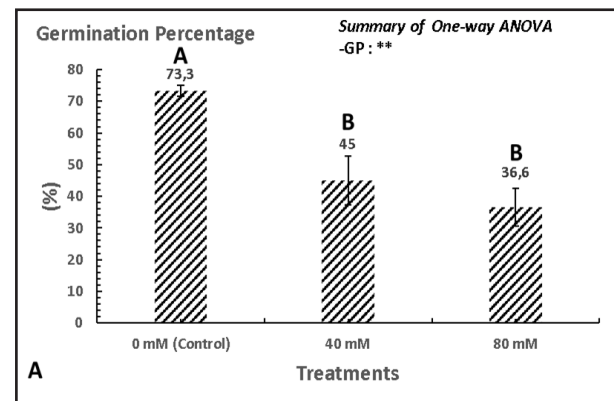


Figure 1. The morphology of *L. corniculatus* cv. 'AC Langille' seedlings after NaCl-induced salt stress treatments (after 14 days of germination)



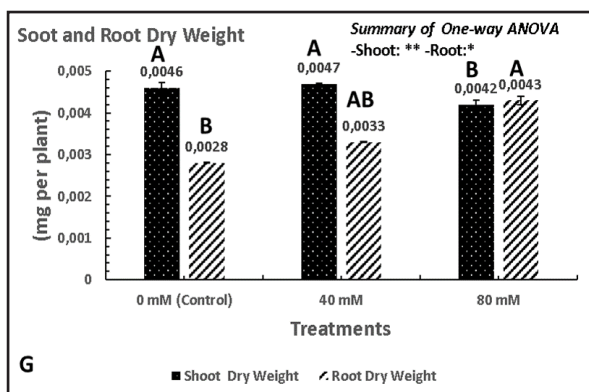
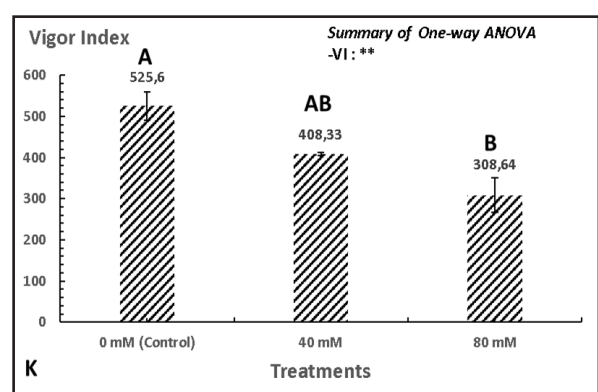
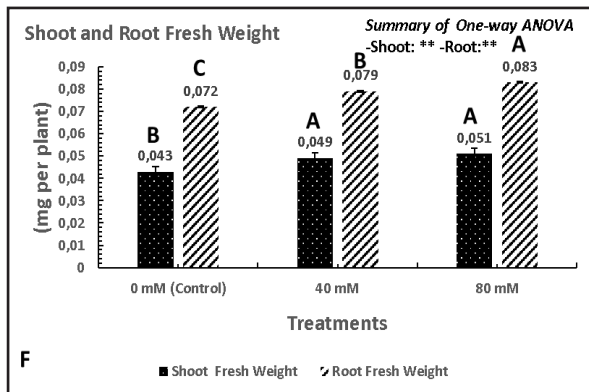
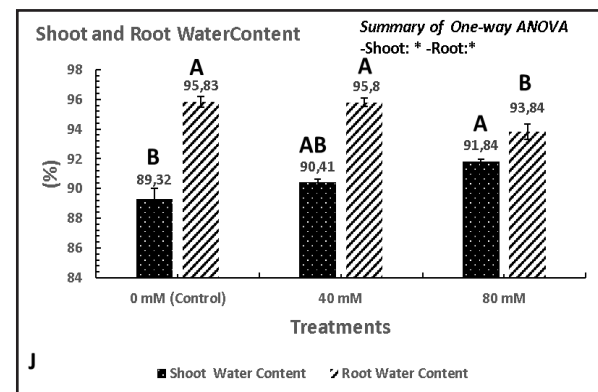
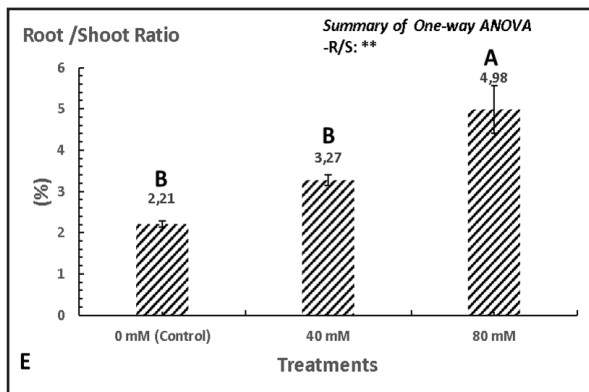
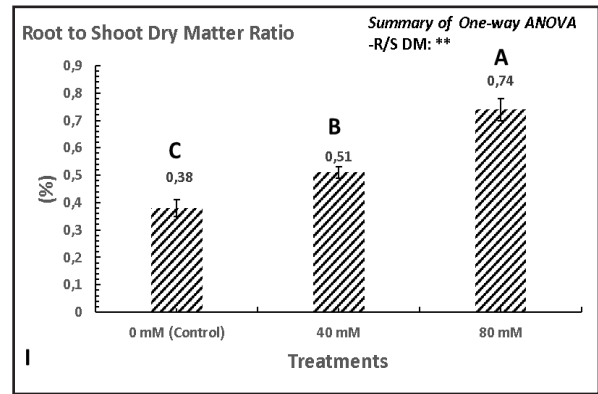
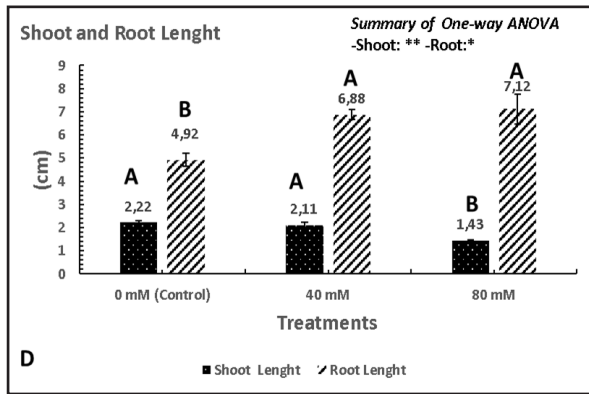


Figure 2. Effects of NaCl-induced salt stress on germination percentage, mean germination time, germination rate index, shoot length, root length, root to shoot ratio, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight, root dry weight, shoot dry matter, root dry matter, root to shoot dry matter, shoot water content, root water content, seedling vigor index. ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS: non-significant.

In the present study, shoot length (SL), root length (RL), root to shoot ratio (R/S), shoot fresh weight (SFW),

root fresh weight (RWF), shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW), shoot dry matter (SDM), root dry matter (RDM), root to shoot dry matter (R/S DM), shoot water content (SWC), root water content (RWC), and seedling vigor index (SVI) parameters were examined to determine the effects of different NaCl concentrations on initial seedling growth. The effects of NaCl concentrations on SL, RL, and R/S were given in Figure 2D-2E. It was determined that there was a statistical difference between NaCl concentrations in terms of these parameters ($P \leq 0.01$). According to the findings, a decrease in SL and an increase in RL and R/S were detected due to increasing NaCl concentrations. When the control and 80 mM NaCl concentrations were compared, the decrease in SL was found to be 35.58%, and the increases in RL and R/S were 44.71% and 125.33%, respectively. The shoot and root length are the most essential characteristics for salinity because roots are in direct contact with soil and receive water from soil and shoots supply it to the rest of the plant. For this reason, root length and shoot length provide a crucial indication of the response of plants to salt stress (Aydişakir et al., 2015). From the research findings, different scenarios can be put forward to understand the mechanism underlying the decrease in shoot length and increase in root length in *L. corniculatus* cv. 'AC Langille' seedlings due to increasing NaCl concentrations. i) Perhaps the increase in root length requires increased surface for uptake of water and other macro/micro (including Na and Cl) elements. ii) Perhaps removal of toxic ions from the root system. iii) Perhaps activation of another adaptation mechanism. However, more detailed studies such as physiological, biochemical, and molecular analyzes are needed to elucidate this mechanism. Antonelli et al. (2021) reported that the root to shoot ratio of different *L. corniculatus* cultivars increased depending on the increasing salt level at greenhouse conditions. In addition, Beyaz and Kazankaya (2024) stated that found that while SL decreased, RL and R/S ratio increased in *L. corniculatus* cultivar 'Leo' under 40 and 80 mM NaCl treatments. On the other hand, several studies exploring the effects of salt stress on the *L. corniculatus* also demonstrate that salt stress has a negative influence on shoot, root, and seedling growth (Azarafshan and Abbaspour, 2014; Büyükyıldız et al., 2023; Galloway et

al., 2010; Teakle et al., 2006). The combination of osmotic and drought stress, resulting from salt accumulation in plants, leads to a reduction in water uptake by plant tissues. Consequently, there is a reduction in cellular growth and development. Hence, the suppression of water absorption and its consequential impact on cellular growth and development represents a significant factor contributing to the reduction in shoot and root growth (Emek, 2018).

Different NaCl concentrations significantly affected the SDM, RDM, and R/S DM of *L. corniculatus* seedlings (Figure 2H-2I). Due to increasing NaCl concentrations, SDM decreased and RDM increased. The highest SDM (10.67%) was obtained in control, while the lowest SDM (8.15%) was measured under 80 mM NaCl treatment. On the other hand, the highest RDM (6.15%) was obtained in 80 mM NaCl treatment, whereas the lowest RDM (4.16%) was measured under control treatment. However, the maximum value of R/S DM (0.74%) was recorded for the 80 mM NaCl concentration, whereas the minimum value of R/S DM (0.38%) was observed in control. Therefore, research findings have shown that, depending on increasing NaCl concentrations, SDM decreases, and on the contrary, RDM and R/S DM increase. When the control and 80 mM NaCl concentrations were compared, there was a decrease of 23.61% in SDM and an increase of 47.83% and 94.73% in RDM and R/S DM, respectively. This can perhaps be interpreted as the root organ being less affected by the applied concentrations of NaCl than the shoot. Similar to these findings, Beyaz and Kazankaya (2024) found that RDM and R/S DM parameters increased in 40 and 80 mM NaCl treatments in another commercial *Lotus* variety, 'Leo', and contrary to our findings, SDM also increased in 40 and 80 mM NaCl treatments. In the light of these data, it can be speculated that cv. 'Leo' is less negatively affected by the possible negative effects of salt in terms of RDM, R/S DM, and SDM parameters that cv. 'Langille'. On the other hand, several studies have been conducted to examine the impact of salt stress on the *L. corniculatus* plant, and these studies consistently demonstrate that salt stress adversely affects the dry matter of both shoots and roots (Teakle et al., 2006; Antonelli et al., 2021).

SWC and RWC of *L. corniculatus* seedlings were

significantly ($P \leq 0.05$) impacted by different NaCl concentrations (Figure 2J). While the maximum SWC (91.84%) was recorded at 80 mM NaCl concentration, the lowest SWC (89.32%) was recorded in the control. On the contrary, while the maximum RWC (95.83%) was recorded at control, the lowest RWC (93.84%) was recorded in 80 mM NaCl concentration. Therefore, the research results showed that with increasing NaCl concentrations, there was an increase in water content in the shoot and a decrease in the root. When comparing the control group with the highest salt level applied, 80 mM NaCl concentration, this increase was 2.82% for SWC, and on the other hand, this decrease was 2.07% for RWC. The root-water-uptake (RWU) of plants is constrained by salinity stress, which also affects plant growth (Wang et al., 2012). Therefore, it can be speculated that this decrease in water in the root is due to the osmotic potential created by the salt. Similarly, Beyaz and Kazankaya (2024) reported that SWC decreased at 40 and 80 mM NaCl concentrations, while RWC increased in *L. corniculatus* cultivar 'Leo'. However, Wouyou et al. (2019) stated that NaCl-induced salt stress causes a slight increase in shoot water content of *Amaranthus cruentus* L. cultivar seedlings at 30 mM NaCl and no effect at 90 mM NaCl.

The effect of different NaCl concentrations on SVI in *L. corniculatus* is seen in Figure 2K. SVI values of *L. corniculatus* against the applied NaCl concentrations varied between 308.64 and 525.60, and SVI decreased as a result of the increased NaCl concentrations and this decrease was found to be statistically significant ($P \leq 0.01$). There was a 41.27% decrease in SVI at 80 mM NaCl concentration. Since this decrease is based on the seed germination percentage and seedling development (shoot and root length) of the vigor index, it can be said that the negative effect of salt on these parameters is observed. In general, it has been reported in the literature (Büyükyıldız et al., 2023; Cokkızgın, 2012; Dehnavi et al., 2020; Khajeh-Hosseini et al., 2003) that the seedling vigor index decreased in other crops due to increased salinity levels, similar to the results of this study. Parallel to these results, Beyaz and Kazankaya (2024) reported that SVI for *L. corniculatus* cultivar 'Leo' decreased at 80 mM NaCl concentration.

Overall, the data obtained showed that germination and initial seedling growth parameters of *L. corniculatus* cv. 'AC Langille' responded differently under salt stress. NaCl concentrations applied in the study had a significant effect on germination parameters (except MGT). While GP and GRI decreased due to increasing NaCl concentrations, there was no change in MGT values. However, the NaCl concentrations applied in the study significantly affected all measured growth parameters statistically. Depending on increasing NaCl concentrations, an increase in root growth and development parameters (RL, R/S, RFW, RDW, RDM, and R/S DM) was observed. However, a decrease in root growth and development parameters (SL, SFW, SDW, SDM) and SVI was observed. In addition, RWC decreased while SWC increased with increasing NaCl concentrations.

Conclusion

As a result of the research, it was seen that the NaCl-induced salt stress levels (40 and 80 mM NaCl) applied in the research retarded the germination of commercial *L. corniculatus* cv. 'AC Langille'; however, it encouraged root development and inhibited shoot development, and SVI decreased significantly. Commercial *Lotus corniculatus* cultivar(s) with high forage yield and seedling vigor are said to have low tolerance to abiotic stress factors, including salt. Therefore, in future *L. corniculatus* breeding studies, it is important to increase not only agronomic characters such as high forage yield and seedling vigor, but also tolerance to abiotic stress factors such as salinity. Otherwise, agricultural benefit from this plant will be limited in marginal agricultural areas with salinity.

References

- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6), 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Al-Enezi, N. A., Al-Bahrany, A. M., & Al-Khayri, J. M. (2012). Effect of X-irradiation on date palm seed germination and seedling growth. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(5), 415-424.

- Antonelli, C. J., Calzadilla, P. I., Campestre, M. P., Escaray, F. J., & Ruiz, O. A. (2021). Contrasting response of two *Lotus corniculatus* L. accessions to combined waterlogging-saline stress. *Plant Biology*, 23, 363-374. <https://doi.org/10.1111/plb.13216>
- Aydinşakir, K., Büyüктаş, D., Nazmi, D., & Karaca, C. (2015). Impact of salinity stress on growing, seedling development and water consumption of peanut (*Arachis hypogaea* cv. NC-7). *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 28, 77-84.
- Azarafshan, M., & Abbaspour, N. (2014). Growth and physiological parameters under salinity stress in *Lotus corniculatus*. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(2), 991-997.
- Bao, A. K., Wang, Y. W., Xi, J. J., Liu, C., Zhang, J. L., & Wang, S. M. (2014). Co-expression of xerophyte *Zygophyllum xanthoxylum* ZxNHX and ZxVP1-1 enhances salt and drought tolerance in transgenic *Lotus corniculatus* by increasing cations accumulation. *Functional Plant Biology*, 41, 203-214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00581>
- Beyaz, R. (2021). Comparison of Biochemical responses of common vetch (*Vicia sativa* L.) seedling organs to salinity. *Legume Research*, (44), 641-645. <https://doi.org/10.18805/LR-595>
- Beyaz, R., Kaya, G., Cocu, S., & Sancak, C. (2011). Response of seeds and pollen of *Onobrychis viciifolia* and *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* to NaCl stress. *Scientia Agricola*, 68(4), 477-481. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400013>
- Beyaz, R., Sancak, C., & Yildiz, M. (2018). Morphological and biochemical responses of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) ecotypes to salinity. *Legume Research*, (41), 253-258. <https://doi.org/10.18805/LR-353>
- Beyaz, R. (2023). Germination and seedling properties of *Lotus corniculatus* L. under simulated drought stress. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(4), 879-889. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1226444>
- Beyaz, R., & Kazankaya, A. (2024). Effect of NaCl-induced salt stress on germination and initial seedling growth of *Lotus corniculatus* L. cv. 'Leo'. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 21(1): 24-34.
- Bhattarai, S., Biswas, D., Fu, Y. B., & Biligetu, B. (2020). Morphological, physiological, and genetic responses to salt stress in alfalfa. *Agronomy*, 10(577), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040577>
- Bres, W., Kleiber, T., Markiewicz, B., Mieloszyk, E., & Mieloch, M. (2022). The Effect of NaCl Stress on the Response of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, (12)244, 1-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020244>
- Büyükyıldız, S., Yıldırım, M., & Kurt, A. N. (2023). The effect of salt stress on the germination and seedling growth parameters in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(2), 126-133. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1173277>
- Cokkızgın, A. (2012). Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 177-182. <https://doi.org/10.15835/nbha4017493>
- Dehnavi, A. R., Zahedi, M., Ludwiczak, A., Perez, S. C., & Piernik, A. (2020). Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Genotypes. *Agronomy*, 10(859), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060859>
- Diaz, P., Monza, J., & Márquez, A. (2005). Drought and saline stress. In: Márquez, A. (Ed.), *Lotus japonicus Handbook*. Springer, Netherlands, pp. 39-55.
- Dogan, M. (2020). Effect of salt stress on *in vitro* organogenesis from nodal explant of *Limnophila aromatica* (Lamk.) Merr. and *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. and their physio-morphological and biochemical responses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(4), 803-816. <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00798-y>
- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. p. 605-635. In: Hebblethwaite, P.D., ed. *Seed production*. Butterworths, England.
- Emek, Y. (2018). Effects of Salinity on the Morphology of the 'Bursa Siyahi', Fig (*Ficus carica* L.) cultivar *In vitro* Conditions. *Journal of Agriculture and Nature of Kahramanmaraş Sütçü İmam University*, 21(3), 292-

296. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.298973>
- Escaray, F. J., Antonelli, C. J., Carrasco, P., & Ruiz, O. A. (2019). Interspecific hybridization improves the performance of *Lotus* spp. under saline stress. *Plant Science* 283, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.016>.
- Escaray, F. J., Passeri, V., Babuin, F. M., Marco, F., Carrasco, P., Damiani, F., Pieckenstain, F. L., Paolucci, F., & Ruiz, O. A. (2014). *Lotus tenuis* x *L. corniculatus* interspecific hybridization as a means to breed bloat-safe pastures and gain insight into the genetic control of proanthocyanidin biosynthesis in legumes. *BMC Plant Biology*, 14,40, 1-18. <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/14/40>
- Galloway, A., Cables, J., Parsons, D., Lane, P., & Hall, E. (2010). Growth and development of *Lotus* and *Trifolium* species under saline and waterlogging conditions. In: *Proceedings of the Food Security from Sustainable Agriculture: 15th Agronomy Conference*, November 15-18, Lincoln, New Zealand, pp: 1518.
- Hopmans, J. W., Qureshi, A. S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., & Rengasamy, P. (2021). Chapter One- Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in Agronomy*, 169, 1–191. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001>
- Hunt, S. R., MacAdam, J. W., & Reeve, J. R. (2015). Establishment of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) pastures on organic dairy farms in the Mountain West USA. *Organic Agriculture*, 5, 63-77. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0091-1>
- International Seed Testing Association [ISTA]. (2003). *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Switzerland.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A., & Bingham, I. J. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 31(3), 715-725. <https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.20>
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
- Papadopoulos, Y. A., Choo, T. M., Christie, B. R., Thomas, W. G., McKenzie, D. B., Bélanger, G., Sutherland, K., McRae, K. B., & Fillmore, S. A. E. (1998). AC Langille birdsfoot trefoil. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 653-654.
- Sanchez, D. H., Pieckenstain, F. L., Szymanski, J., Erban, A., Bromke, M., Hannah, M. A., Kraemer, U., Kopka, J., & Udvardi, M. K. (2011). Comparative functional genomics of salt stress in related model and cultivated plants identifies and overcomes limitations to translational genomics. *Plos One* 6(2), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017094>
- Sári, D., Ferroudj, A., Abdalla, N., El-Ramady, H., Dobránszki, J., & Prokisch, J. (2023). Nano-Management Approaches for Salt Tolerance in Plants under Field and *In Vitro* Conditions. *Agronomy*, 13: 1-27. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112695>
- Savic, J., Nikolić, R., Banjac, N., Zdravković-Korać, S., Stupar, S., Cingel, A., Ćosić, T., Raspor, M., Smigocki, A., Ninković, S. (2019). Beneficial implications of sugar beet proteinase inhibitor BvSTI on plant architecture and salt stress tolerance in *Lotus corniculatus* L. *Journal of Plant Physiology*, 243(2019), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.153055>
- Shokat, S., & Großkinsky, D. K. (2019). Tackling Salinity in Sustainable Agriculture-What Developing Countries May Learn from Approaches of the Developed World. *Sustainability*, 11, 1-19. <https://doi.org/10.3390/su11174558>
- Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1967). *Statistical Methods*, 6th ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press. p 693.
- Teakle, N. L., Flowers, T. J., Real, D., & Colmer, T. D. (2007). *Lotus tenuis* tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by 'excluding' Na⁺ and Cl⁻ from the xylem. *Journal of Experimental Botany*, 58(8), 2169-2180. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm102>
- Teakle, N. L., Real, D., & Colmer, T. D. (2006). Growth and ion relations in response to combined salinity and waterlogging in the perennial forage legumes *Lotus corniculatus* and *Lotus tenuis*. *Plant Soil*, 289, 369-383.

<https://doi.org/10.1007/s11104-006-9146-8>

Teakle, N.L., Snell, A., Real, D., Barrett-Lennard, E.G., & Colmer, T.D. (2010). Variation in salinity tolerance, early shoot mass and shoot ion concentrations within *Lotus tenuis*: towards a perennial pasture legume for saline land. *Crop and Pasture Science*, *61*, 379-388. <https://doi.org/10.1071/CP09318>

Uchiya, P., Escaray, F.J., Bilenca, D., Pieckenstain, F., Ruiz, O.A., & Menendez, A.B. (2016). Salt effects on functional traits in model and in economically important *Lotus* species. *Plant Biology*, *18* (2016), 703-709. <https://doi.org/10.1111/plb.12455>

Wang, L., Shi, J., Zuo, Q., Zheng, W., & Zhu, X. (2012). Optimizing parameters of salinity stress reduction function using the relationship between root-water-uptake and root nitrogen mass of winter wheat. *Agricultural Water Management*, *104*, 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.008>

Wouyou, A., Prodjimoto, H., Zanklan, A.S., Vanpee, B., Lutts, S., & Gandonou, C.B. (2019). Implication of Ions and Organic Solutes Accumulation in Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) Salinity Resistance. *American Journal of Plant Sciences*, *10*, 2335-2353. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.1012162>

Zheng, Y., Jia, A., Ning, T., Xu, J., Li, Z., & Jiang, G. (2008). Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, *165*, 1455-1465. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.01.001>

Perspectives of Young Adults in The United Kingdom on Fast Food

Birleşik Krallık'taki Genç Yetişkinlerin Fast Food'a Bakış Açıları

Sorumlu Yazar

Meliha ER ÇON

ermelihaa@gmail.com

0009-0007-6106-0428

Yazar

Richard BENNETT

r.m.bennett@reading.ac.uk

0000-0003-3226-8370

Abstract

With globalisation, consumer food preferences are shifting from home-cooked meals to ready-to-eat foods, leading to various health issues, including obesity. This study aims to examine the attitudes of young adults living in the United Kingdom towards fast food products (particularly a prominent international fast food chain) and their views on the health effects of these foods. Although many studies have been conducted on fast food products, relatively few have specifically focused on an international fast food chain. Additionally, there is a lack of sufficient research in the literature regarding fast food-related waste. This research will also explore young adults' attitudes towards food waste resulting from fast food consumption. An online survey was conducted with a total of 104 young adult participants, aged 18 to 36, who met the study criteria and were selected using a 'convenience sampling' method. The study revealed that an international fast food chain is the most preferred fast food restaurant brand among young adults compared to other fast food restaurants. While the majority of young adult participants believe that fast food has harmful effects on health, they still prefer these foods for reasons such as fast service, affordability, and widespread availability. When investigating food waste, more than half of the male and female participants indicated that they take home food they could not finish at restaurants and consume it later. Although many alternatives are available for managing food

Gönderilme Tarihi :
Kabul Tarihi :

05 Haziran 2024
07 Aralık 2024

waste, some participants expressed the belief that such food should be thrown away.

Keywords: Fast food, Globalization, United Kingdom, Food waste, Health issues

Özet

Küreselleşmeyle birlikte tüketicilerin gıda tercihleri ev yapımı yemeklerden hazır gıdalara doğru kaymakta ve bu durum obezite gibi çeşitli sağlık sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, Birleşik Krallık'ta yaşayan genç yetişkinlerin fast food ürünlerine (özellikle tanınmış bir uluslararası fast food zinciri) yönelik tutumlarını ve bu gıdaların sağlık üzerindeki etkilerine ilişkin görüşlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Fast food ürünleri üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, özellikle bu uluslararası fast food zinciri ürünleri üzerine nispeten az sayıda çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, fast food kaynaklı atıklarla ilgili literatürde yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu araştırma, genç yetişkinlerin fast food tüketiminden kaynaklanan gıda israfına yönelik tutumlarını da inceleyecektir. Çalışma kriterlerini karşılayan ve 'kolayda örnekleme' yöntemiyle seçilen, yaşları 18 ile 36 arasında değişen toplam 104 genç yetişkin katılımıyla çevrimiçi bir anket gerçekleştirilmiştir. Araştırma, bu uluslararası fast food zincirinin diğer fast food restoranlarına kıyasla genç yetişkinler arasında en çok tercih edilen fast food restoran markası olduğunu ortaya koymuştur. Genç yetişkin katılımcıların çoğunluğu fast food'un sağlığa zararlı etkileri olduğunu düşünse de, hızlı servis, uygun fiyat ve yaygın erişilebilirlik gibi nedenlerle bu yiyecekleri tercih etmektedirler. Gıda israfını araştırırken, erkek ve kadın katılımcıların yarısından fazlası restoranlarda bitiremedikleri yiyecekleri evlerine götürdüklerini ve daha sonra tükettiklerini belirtmiştir. Gıda atıklarının yönetimi için birçok alternatif mevcut olmasına rağmen, bazı katılımcılar bu tür yiyeceklerin çöpe atılması gerektiğine inandıklarını ifade etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Fast food, Küreselleşme, Birleşik Krallık, Gıda israfı, Sağlık sorunları

Introduction

In research, fast food is defined as satisfying foods that have high sugar and calorie content, low nutritional value, can be prepared in a short time, and are offered

to consumers at low prices (Morse and Driskell, 2009; Tayfun and Tokmak, 2007). According to Dunn et al. (2008), fast foods such as hamburgers, french fries and pizza give individuals a feeling of satiety because their fat and sugar content is high and their nutritional value is low. In many developed countries, people's eating habits have moved away from home-made foods due to the change in family structure, the female population taking a greater role in business life, the increase in family income and the prolongation of working hours (Nielsen and Popkin, 2003; Whitton et al., 2014). Changes in the lives of individuals have caused a shortening of the time devoted to cooking at home, in response to this the food industry has developed ready-made food products (Jekanowski, 1999).

According to a study conducted by Untaru and Ispas in 2013, young people tend to prefer fast food due to various reasons such as the quick service, affordable prices, the widespread availability of fast food restaurants, the ability to socialize in these restaurants, and the convenience of home delivery and takeaway options. In a study conducted by Bayhan et al. (2015) at Pamukkale University, the reasons why students prefer fast food restaurants were listed as delicious and fresh food, cleanliness of the restaurant, and fast service. Fast food products consumed by individuals of all ages can lead to serious health problems, especially in young consumers, such as obesity (Stevenson et al., 2007). Research has shown that the number of obese individuals is increasing worldwide, particularly in the United Kingdom and the United States, where the incidence of obesity has doubled (Stevenson et al., 2007). After analysing the studies in the literature, it has been revealed that young people and children residing in England have a high consumption rate of fast food, despite being aware of the health issues associated with it (Wills et al., 2009).

When we look at consumers' food preferences in recent years, fast food has replaced home cooking in the UK, as in other countries. Fast food consumption plays a big role in the UK, with people getting around 10% of their daily energy from fast food (Remnant and Adams, 2015; Nielsen et al., 2002). Compared to other European countries, England is at the forefront of fast food consumption and there has been an increase of around 35% in the sales of fast

food products in the last decade (Schlosser, 2002; Maguire, Burgoine and Monsivais, 2015).

When examining studies on food, the issue of food waste emerges as a significant problem. Approximately one-third of the food produced worldwide ends up as waste. If this situation continues, it will not be possible to meet the food demands of the world population, which is estimated to reach nine billion by 2050 (Godfray et al., 2010; Parfitt et al., 2010). Studies have shown that when food doesn't meet the consumer's expectations in terms of colour, shape, or taste, it often goes unconsumed and is wasted (Rohm et al., 2017). Marais et al. (2017) stated that when consumers do not like the taste of food, they tend to leave food on their plates, which causes food waste. A lot of research has been done to prevent food waste. As a result of the research, methods such as varying portion sizes in restaurants and labelling menus have been suggested to reduce food waste (Betz et al., 2015; Filimonau et al., 2020).

Research Hypotheses:

Young adults prefer this international fast food chain due to factors such as affordability and fast service.

This international fast food chain is the most preferred fast-food brand among young adults due to its extensive availability and widespread presence.

Food waste in fast food restaurants is of low concern among young adults.

Material and Method

The study presented here examines the attitudes of the young population living in the UK towards fast food and this international fast food chain and the factors influencing them when choosing fast food. The research was carried out using an online platform (Qualtrics) in July 2022, and a survey was conducted with participants aged between 18 and 36 who have internet access, can use a computer or phone, are not visually impaired, and speak English. A total of 116 people participated in the survey

study, but after the elimination of 12 participants who did not meet the survey criteria, analyses were undertaken with the data of 104 participants in total. To enhance the reliability of the survey, a validation process was conducted. A preliminary focus group of five individuals, comprising two master's students and three doctoral candidates, was held via Zoom. Feedback from this group was used to refine the survey questions, ensuring clarity and relevance. The survey was subsequently reviewed by two additional experts in the field, who provided insights on the clarity, accuracy, and cultural appropriateness of the questions. This process aimed to minimize potential biases and improve the validity of the responses collected. The questionnaire was created within the Qualtrics platform, and then a link was sent to participants. Participants were selected using a convenience sampling method. This sampling approach was chosen to facilitate timely data collection from young adults in the UK. The questionnaire was composed of four sections in total: Demographic Factors, Fast Food Consumption, An international fast food chain and Healthy Foods, and Food Waste. The survey questions included 5-point Likert Scale Rating questions, open-ended, multiple choice, ranking and preference questions. The survey results were analysed using SPSS and Excel. The Multinomial Logistic Regression test was employed to analyse the relationships between age, education level, marital status, household income, and the frequency of fast food consumption. This method was chosen because the dependent variable—frequency of eating at fast food restaurants—has multiple categories. Previous studies have demonstrated that the multinomial model is appropriate for analysing dependent variables with more than two options (Yılmaz, 2018).

Within the scope of this study, the University of Reading Ethical Clearance Form (Reference Number: 1910C) was obtained.

Results and Discussion

3.1. Demographic Factors

Table 1. Demographic Characteristics of Survey Participants

		Frequency	Percent
Age	18 - 24	24	23.1
	25 - 31	58	55.8
	32 - 36	22	21.2
Gender	Male	40	38.5
	Female	61	58.7
	Non-binary/third gender	1	1.0
	Prefer not to say	2	1.9
Education Level	Secondary to age 18	0	0
	Some University but no degree	2	1.9
	University - Bachelor's Degree	35	33.7
	Graduate or professional degree (MA, MS, MBA, PhD, Law Degree, Medical Degree etc)	67	64.4
Marital Status	Married / In a domestic partnership or civil union	29	27.9
	Single /Divorced /Separated	75	72.1
Household Income	<£15,000	46	44.2
	£15,000 - 29,999	33	31.7
	£30,000 - £49,999	10	9.6
	>£50,000	15	14.4
	Total	104	100.0

Source: Data collected by the author

Upon examining the demographic characteristics of the participants, it was found that more than half of them (almost 56%) were between the ages of 25-31. Out of the total number of participants, 61 were women, one identified themselves as the third gender, and two preferred not to specify their gender. Additionally, 67 participants held master's or professional degrees such as MA, MS,

MBA, PhD, Law Degree, or Medical Degree. The majority of the respondents (nearly 67%) were students, while approximately 72% of them were either single, divorced, or separated. Moreover, 46 participants had a household income of less than £15.000 per year, whereas 15 participants had an annual income of over £50,000 (Table 1).

Table 2. Parameter Estimates for Age

How often do you eat fast food (as a takeaway, at a restaurant or dine-in)? ^a		Coefficient (B)	Standard Error	Significance
A few times a week	constant	18.307	1.009	<.001
	18-24 years old	.599	4507.074	1.000
	25-31 years old	-16.228	.762	<.001
	32-36 years old	0 ^c	.	.

A few times a month	constant	19.319	.927	<.001
	18-24 years old	-.295	4507.074	1.000
	25-31 years old	-16.578	.625	<.001
	32-36 years old	0 ^c	.	.
Less than a few times a month	constant	18.867	.791	<.001
	18-24 years old	-.094	4507.074	1.000
	25-31 years old	-17.481	.000	.
	32-36 years old	0 ^c	.	.
Never	constant	-.693	6681.641	1.000
	18-24 years old	.000	10275.479	1.000
	25-31 years old	.000	6681.641	1.000
	32-36 years old	0 ^c	.	.

Source: Data collected by the author

Note: a. The reference category is Every day.

In the analysis shown in Table 2, ‘every day’ was chosen as the reference category, and the frequency of fast food consumption was examined in relation to different age groups. The first set of coefficients (B represents the estimated regression coefficient obtained from Multinomial Logistic Regression analysis, which illustrates the relationship between independent variables (e.g., age, education level) and the dependent variable (fast food consumption frequency)) compares participants who consume fast food ‘every day’ with those who consume it ‘several times a week,’ showing that only individuals aged 25-31 demonstrate statistical significance ($p < 0.01$). This trend persists across additional comparisons, with

participants in the 25-31 age range consistently indicating higher fast food consumption.

Further analysis reveals that among participants who consume fast food several times a week, more than half (53.85%) are aged 25-31, and an additional 15.38% are aged 32-36. This finding aligns with previous research indicating that younger adults, particularly those in their twenties, tend to consume fast food more frequently than older individuals (Ağır and Akbay, 2021; Dunn et al., 2008). Similar studies confirm that while older individuals may report “occasional” consumption, younger adults often consume fast food “twice a week or more.”

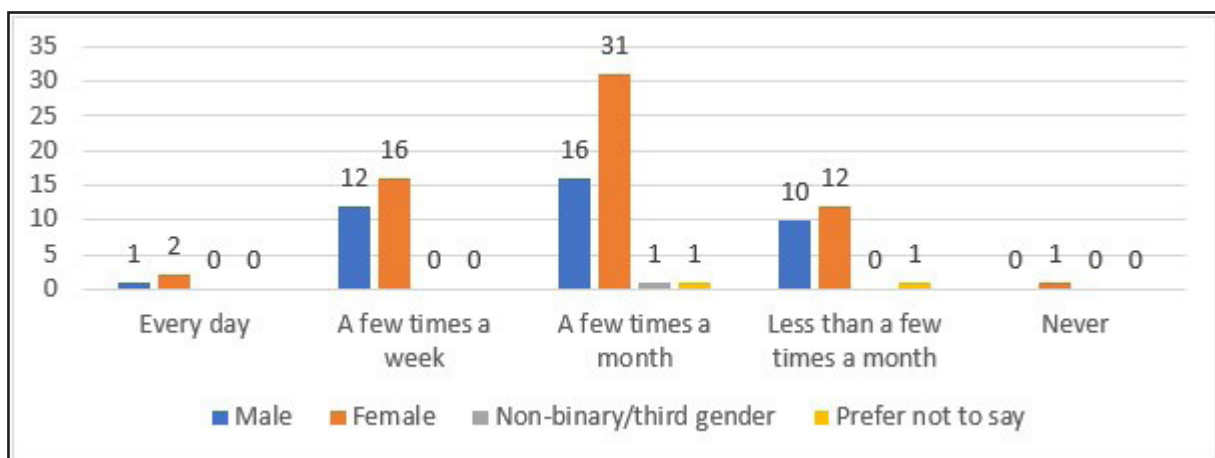


Figure 1. The Relationship Between Gender and Fast Food Consumption Frequency

Source: Data collected by the author

To understand whether there is a relationship between gender and the frequency of fast food consumption, the Chi-Square test was performed and it was found that there was no significant relationship between them. When Figure 1 is examined, it is seen that women prefer fast-food restaurants more often than men. While 16 of the women and 12 of the men state that they consume fast food

several times a week, it is a woman who says that she does not consume fast food at all (Figure 1). Contrary to this research, according to many studies, men consume more fast food than women. However, in a study conducted by Ahlgren et al. (2006) in Switzerland, it was found that female consumers tend to consume more fast food than male consumers.

3.2. Young Adults and Fast Food Preferences

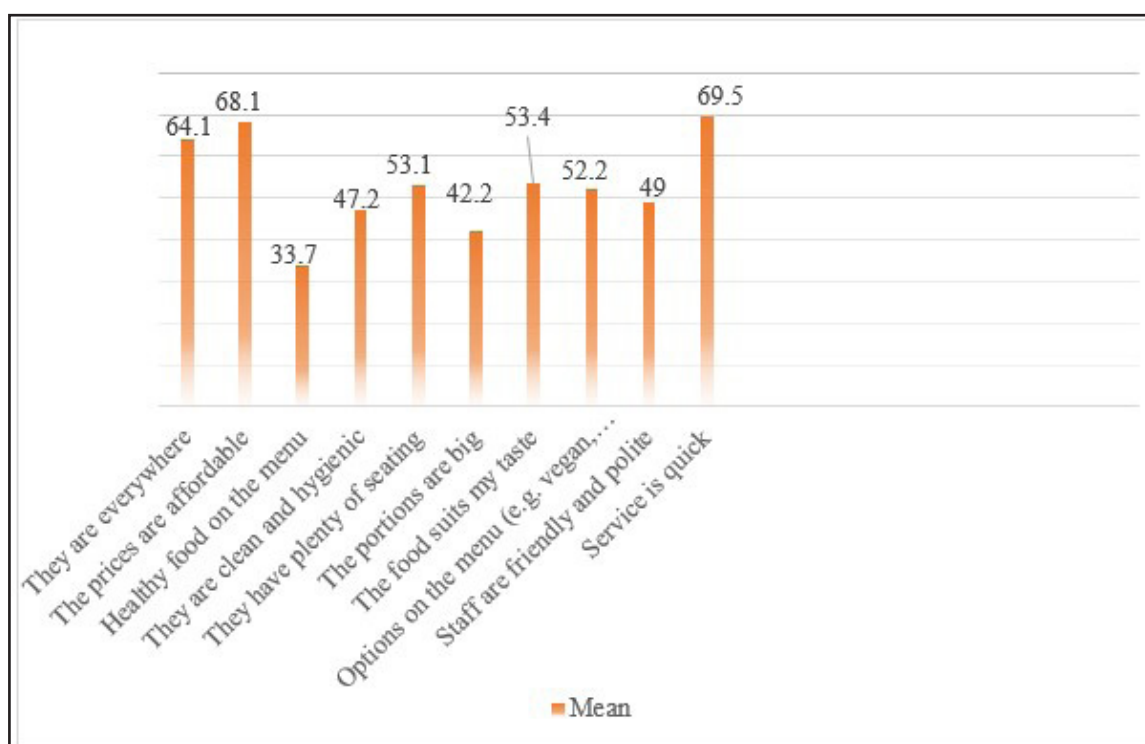


Figure 2. Factors That Attract Young Adults to This International Fast Food Chain (%)

Source: Data collected by the author

When young adults living in the UK were asked why they prefer this international fast food chain, they listed the most important criteria as fast service, affordable prices and ubiquity (average 69%, 68%, and 64%, respectively). The least effective factor in choosing this fast food chain consumers was determined as “having healthy food on the menu” with almost 33% (Figure 2). According to the results of the study conducted by Sen et al. (2021), one of the most important factors influenced by consumers when choosing fast food in 2021 is the price factor, with a rate of approximately 77%. According to the study by Paudel and

Shrestha (2021), with students, taste and easy accessibility were associated with the reasons why young people prefer fast food at a rate of 91% and 100% respectively. Among the factors affecting the fast food consumption of consumers are cheapness, easy accessibility, time-saving, and the desire to be with friends. According to the results of the survey conducted in Sivas province, the desire to be with friends ranks first among the reasons why high school students prefer fast food products, followed by factors such as the atmosphere of fast food restaurants and the deliciousness of fast food products (Uğur, 2018).

3.3. The Relationship Between Health and Fast Food

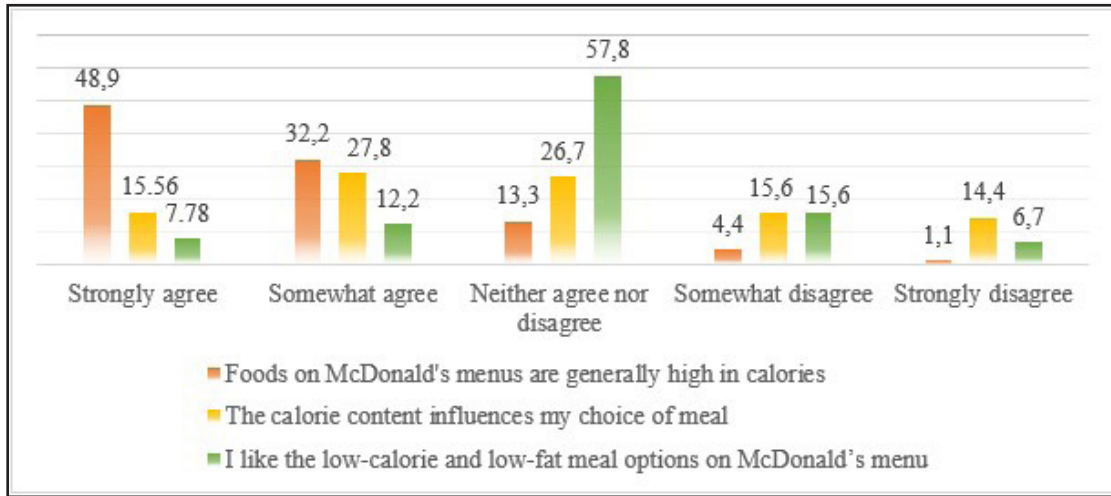


Figure 3. Perspective on International Fast Food Chain Menus From Their Calorie Content (%)

Source: Data collected by the author

While the majority of young adults surveyed stated that international fast food chain products have a high-calorie content, about 6% stated that they did not agree with the idea that this international fast food chain products have a high-calorie content. In addition, over 43% (15,56% strongly agree, 27,78% somewhat agree) of young adults stated that they paid attention to the calorie content when

choosing a meal at this international fast food chain (Figure 3). Similarly, in a study conducted with participants who prefer fast food restaurants such as McDonald's, Burger King, and Kentucky Fried Chicken (KFC) in New York City, only 9% of the participants stated that they consider calorie labels when choosing food (Elbel, Gyamfi and Kersh, 2011).

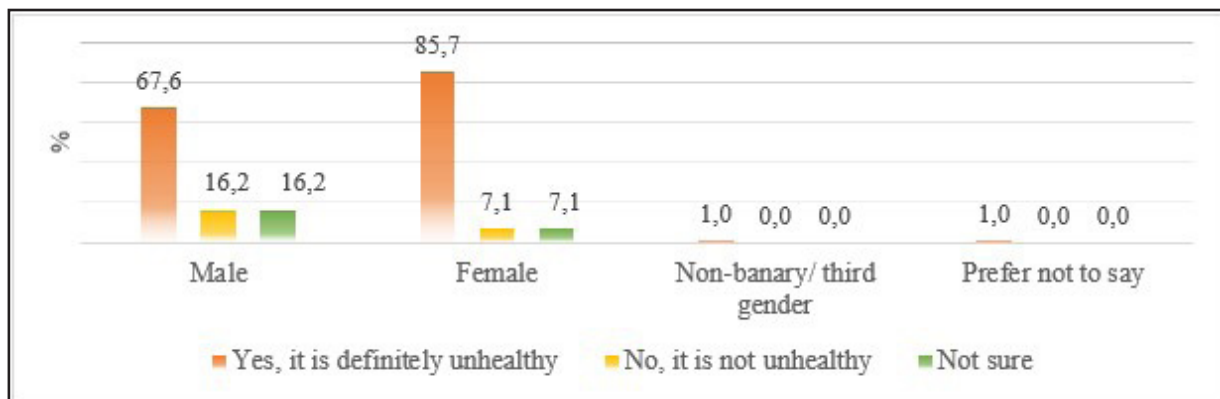


Figure 4. Young Adults' Perspectives on International Fast Food Chain Menus From a Health Perspective (%)

Source: Data collected by the author

When asked about the effects of fast food products on health, almost 67% of men thought fast food products were

harmful, while early 86% of female consumers stated that fast food products negatively affect human health. On the

other hand, almost 16% of male participants stated that fast food products did not have a negative effect on health, while approximately 7% of female participants stated that fast food products did not harm health (Figure 4). In a survey conducted in India by Goyal and Singh (2007), only 3% of young people defined fast food products as healthy. In the survey conducted with high school students in Sivas province, 44% of the youth stated that fast food products are harmful to health, while 28% stated that they are healthy. At the same time, most of the participants stated that they are aware that fast food products are unhealthy, but they continue to consume them (Uğur, 2018).

3.4. Food Waste in the Fast Food Industry

To observe food waste in the fast food industry, the study investigated whether participants paid attention to portion sizes in their orders and how they used the leftovers. While 25 (about 62%) of the young male participants stated that they were careful to order the amount they could eat when ordering fast food, 8 male participants stated that they ordered more than they could eat, and 7 (almost 18%) stated that they did not care about the portion size when ordering. On the other hand, 34 of the female participants stated that they pay attention to the portion size when ordering, while 12 participants stated that the portion size is unimportant.

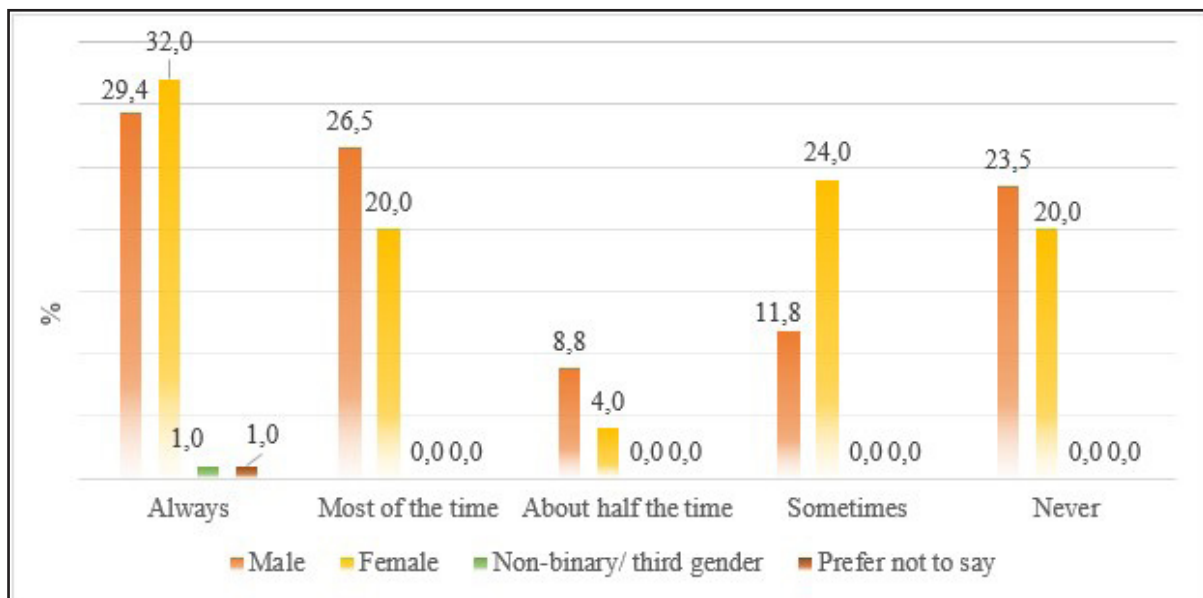


Figure 5. Willingness to Take Leftover Food Home (%)

Source: Data collected by the author

When the participants were asked whether they took the leftover food home if the food they ate at fast food restaurants was too much for them, approximately 29% of the young male participants said they always and 26% most of the time wanted to take the leftover food as a takeaway. In comparison, approximately 23% stated that they did not want to take the leftover food home. When the willingness of young female participants to take leftover food as a takeaway was examined, it was determined that

32% of the women always wanted to take leftover food, 20% of them most of the time wanted to take leftover food as a takeaway, while 20% did not feel such a need (Figure 5). According to a study conducted by Giorgi in England in 2013, more than 50% of the participants took home the excess food they could not eat, while approximately 40% of them were hesitant to ask for a container to take the food they could not eat home as a takeaway.



Figure 6. Food Waste and Excess Management at International Fast Food Chain (%)

Source: Data collected by the author

When asked about how food waste and excess food at international fast food chain should be utilized, approximately 15% of the participants suggested that surplus food should be distributed to employees, 21% recommended donating to charitable organisations, around 13% indicated that surplus food should be used for further meals, 25% suggested composting and about 25% suggested disposal (Figure 6). Many studies have been conducted on the evaluation of food waste. One of these studies is the study conducted by Billore et al. in Japan in 2021. In the study, some campaigns and slogans were organized for the participants to take home the food they could not eat. The slogans that attracted the most attention from the participants were “If you don’t eat it, bring it home “ and “Taste your food twice “.

The findings of this study provide insight into the fast food consumption behaviours of young adults in the UK, validating initial hypotheses regarding their preferences. The international fast food chain is confirmed as the most preferred fast food chain among participants, supporting the hypothesis that its affordability, fast service, and extensive availability make it appealing to young consumers. Additionally, the observed trend of frequent fast food consumption within the 25-31 age group aligns with the hypothesis that younger adults are more inclined toward fast food due to lifestyle factors and convenience.

The data also highlight participants’ awareness of the

health risks associated with fast food, with a majority acknowledging its potential negative impact on health. Despite this awareness, fast food remains popular, reflecting a cognitive dissonance where convenience and cost may outweigh health concerns—a finding echoed in the literature. Furthermore, while some young adults demonstrated concern about food waste by opting to take leftovers home, others displayed minimal interest in managing waste. This aligns with the hypothesis that food waste is a low-priority issue for a segment of the young adult population.

Conclusion

With globalization, factors such as changes in family structures, increases in income, increase in the female population in business life, and long working hours cause individuals’ eating habits to shift towards fast food products. With the increase in fast food consumption, various health problems such as obesity, heart failure and diabetes emerge. In this study, the thoughts and attitudes of the young population living in England towards fast food products and an international fast food chain, which is widespread around the world, were examined. The subjects of this research are the reasons why fast food products are preferred, young people’s thoughts about the food in these fast food restaurants and the health effects of fast food products, and food waste in the fast food industry.

According to the results of the research, The international fast food chain is the most preferred fast food restaurant among young adults residing in the UK, and most of the participants are aware that over-consumption of these foods can be harmful to health, but continue to consume them. When the reasons why fast food products are preferred by young adults are examined, factors such as being served quickly, affordable prices and being accessible everywhere take the first place. When the participants' awareness of food waste was examined, it was determined that more than half of the participants were conscious of food waste and tended to take home the food left on their plates after eating at restaurants. They expressed their opinions that food waste and excess food generated in restaurants can be managed by composting, distributing to employees, and donating to charities.

Acknowledgement

In this study, data obtained from the master's dissertation titled "Attitudes of Young Adults to Fast Food and McDonald's in The United Kingdom" were used. I would like to thank the participants who participated in the survey in the study and my advisor, Professor Richard BENNETT, who supported my study. Research data from 2022 was used in this article, and we declare that research and publication ethics were complied with during the conduct of the study and writing of the results.

Conflict of Interest Declaration: The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest.

Summary of Declaration of Researchers' Contribution Rate: In the research, the order of authors according to "Contribution Rate" was followed.

References

Ağir, H. B., & Akbay, C. (2021). The analysis of factors affecting frequency of fast food consumption. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(3), 436-445.

Bayhan, M., Soba, M., & Bildik, T. (2015). Assessment of enterprises in fast food sector with analytical hierarchy process: A case for Pamukkale University. *Journal of*

Management and Economics Research, 13(1), pp. 36-47. Available at: <https://doi.org/10.11611/JMER402>.

Betz, A., Buchli, J., Göbel, C., & Müller, C. (2015). Food waste in the Swiss food service industry—magnitude and potential for reduction. *Waste management*, 35, 218-226.

Billore, S., Kobayashi, T., & Wang, O. (2021). Consumer attitudes towards leftover food takeout interventions: A case study of the doggy bag in Japan. *British Food Journal*, 123(9), 3228-3244.

Dunn, K. I., Mohr, P. B., Wilson, C. J., & Wittert, G. A. (2008). Beliefs about fast food in Australia: A qualitative analysis. *Appetite*, 51(2), 331-334. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.03.003>

Elbel, B., Gyamfi, J., & Kersh, R. (2011). Child and adolescent fast-food choice and the influence of calorie labeling: A natural experiment. *International journal of obesity*, 35(4), 493-500.

Filimonau, V., Zhang, H., & Wang, L. E. (2020). Food waste management in Shanghai full-service restaurants: A senior managers' perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258, 1-13.

Giorgi, S. (2013). *Understanding out of home consumer Food Waste*. Available at: <https://archive.wrap.org.uk/sites/files/wrap/OOH%20Report.pdf> (Accessed: 1 August 2022).

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... & Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.

Goyal, A., & Singh, N. P. (2007). Consumer perception about fast food in India: An exploratory study. *British food journal*, 109(2), 182-195. Available at: <https://doi.org/10.1108/00070700710725536>.

Jekanowski, M. D. (1999). Causes and consequences of fast food sales growth. *Food Review/National Food Review*, 22(1), 11-16.

Maguire, E., Burgoine, T., & Monsivais, P. (2015). Area deprivation and the food environment over time: A repeated cross-sectional study on fast food outlet density and supermarket presence in Norfolk, UK,

- 1990-2008. *The FASEB Journal*, 29, 132-4.
- Marais, M. L., Smit, Y., Koen, N., & Lötze, E. (2017). Are the attitudes and practices of foodservice managers, catering personnel and students contributing to excessive food wastage at Stellenbosch University?. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 30(3).
- Mia K, A., Inga-Britt, G., & Gunnar, H. (2006). Buyers' demands for ready meals–influenced by gender and who will eat them. *Journal of Foodservice*, 17(5-6), 205-211.
- Morse, K. L., & Driskell, J. A. (2009). Observed sex differences in fast-food consumption and nutrition self-assessments and beliefs of college students. *Nutrition research*, 29(3), 173-179.
- Nielsen, S. J., & Popkin, B. M. (2003). Patterns and trends in food portion sizes, 1977-1998. *Jama*, 289(4), 450-453. Available at: <https://doi.org/10.1001/jama.289.4.450>.
- Nielsen, S. J., Siega-Riz, A. M., & Popkin, B. M. (2002). Trends in food locations and sources among adolescents and young adults. *Preventive medicine*, 35(2), 107-113.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 3065-3081. Available at: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>.
- Paudel, R., & Shrestha, S. (2021). Awareness and practice of junk foods among adolescents in secondary level students. *Medical Journal of Shree Birendra Hospital*, 20(2), 104-109. Available at: <https://doi.org/10.3126/mjsbh.v20i2.30309>.
- Remnant, J., & Adams, J. (2015). The nutritional content and cost of supermarket ready-meals. Cross-sectional analysis. *Appetite*, 92, 36-42. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.04.069>.
- Rohm, H., Oostindjer, M., Aschemann-Witzel, J., Symmank, C., L. Almlı, V., De Hooge, I. E., ... & Karantininis, K. (2017). Consumers in a sustainable food supply chain (COSUS): Understanding consumer behavior to encourage food waste reduction. *Foods*, 6(12), 104.
- Schlosser, E. (2002). *Fast food nation: The dark side of the all-American meal*. New York: Perennial.
- Sen, S., Antara, N., & Sen, S. (2021). Factors influencing consumers' to take ready-made frozen food. *Current Psychology*, 40(6), 2634-2643. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00201-4>.
- Stevenson, C., Doherty, G., Barnett, J., Muldoon, O. T., & Trew, K. (2007). Adolescents' views of food and eating: Identifying barriers to healthy eating. *Journal of adolescence*, 30(3), 417-434.
- Tayfun, A. and Tokmak, C. (2007). Reasons of consumers to select the turkish fast food restaurant: A case study. *Electronic Journal of Social Sciences*, 6(22), pp. 169–183.
- Uğur, U. (2018). Gençlerin fast food tüketimlerinin sembolik tüketim kapsamında değerlendirilmesi: Sivas ilinde bir araştırma. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (67), 1-9.
- Untaru, E. N., & Ispas, A. (2013). Why do young people prefer fast-food restaurants? An exploratory study. *Revista de turism-studii si cercetari in turism*, (15), 27-34.
- Whitton, C., Ma, Y., Bastian, A. C., Chan, M. F., & Chew, L. (2014). Fast-food consumers in Singapore: demographic profile, diet quality and weight status. *Public health nutrition*, 17(8), 1805-1813.
- Wills, W., Backett-Milburn, K., Lawton, J., & Roberts, M. L. (2009). Consuming fast food: the perceptions and practices of middle-class young teenagers. In *Children, food and identity in everyday life*, pp. 52-68. London: Palgrave Macmillan UK. Available at: <https://doi.org/10.1057/9780230244979>.
- Yılmaz, M. (2018) 'Multinomial Logit Model Analysis of Components Affecting The Investment Decisions of Individuals and Firms in Behavioral Economics in A Rationality Perspective View Project'. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335336335>.

Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Farklı Sulama Düzeyleri ve Hümik Asit Dozlarının Lif Kalitesine Etkisi

Effect of Different Irrigation Levels and Humic Acid Doses on Fiber Quality in Some Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Varieties

Özet

Bu çalışma, Aydın-Nazilli ekolojik şartlarında bazı pamuk çeşitlerinde (Harem 2, Şahin 2000, Fiona) farklı sulama miktarları (Tam, %25 Kısıt, %50 Kısıt) ve hümik asit dozlarının (0, 250 g/da, 500 g/da) lif kalitesine etkisini tespit etmek amacıyla, 2021 ve 2022 yıllarında ‘Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Deseni’ne göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana parseller su kısıtı, alt parseller çeşit, alt alt parseller hümik asit dozlarından oluşmuştur. İki yıl süreyle yürütülen bu araştırma sonucunda, çeşitler arasındaki farklılıklar incelenen lif kalite parametrelerinin tamamı için önemli bulunmuş, pamukta lif kalite parametrelerindeki değişimin genotip yanında çevre ve yetiştirme koşullarından da kaynaklanabileceği belirlenmiştir. Araştırmada tüm uygulamaların ortalaması olarak en iyi sonuçlar; lif uzunluğu (30.2 mm), mukavemeti (35.8 gtex⁻¹), uniformite oranı (%85.1), kısa lif oranı (%6.1), parlaklık (%79.8) ve sarılık değerleri (8.3 b+) Fiona çeşidinde, incelik (4.6 mic.) ve elastikiyet (%8.0) Şahin 2000 çeşidinde elde edilmiştir. Sulama düzeyleri arasında; en yüksek lif uzunluğu (31.2 mm) ile birlikte parlaklık ve sarılık dışında ele alınan lif kalite konularının tümü için en iyi sonuçlar tam sulama konusunda belirlenmiştir. Bununla birlikte; hümik asitin dozlarının lif kalitesine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Sonuç olarak; bölgede lif kalitesi açısından Fiona çeşidi ile tam sulama uygulamasının tavsiye edilebileceği, bununla birlikte bu tavsiyenin daha net ve güvenilir olabilmesi

Sorumlu Yazar

Uğur GÜZELSARI

ugrgzlsr@hotmail.com

 0000-0001-8735-8395

Yazar

Özden ÖZTÜRK

ozdenoz@selcuk.edu.tr

 0000-0001-5131-7532

* Bu makale, ‘TAGEM/TBAD/A/21/A7/P4/5237’Nolu TAGEM Projesi sonucu elde edilen ve aynı başlıkla yayınlanan; ‘Kısıntılı Sulama ve Farklı Hümik Asit Dozlarının Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi’ isimli doktora tez çalışmasından özetlenerek hazırlanmıştır.

Gönderilme Tarihi :

05 Temmuz 2024

Kabul Tarihi :

07 Ekim 2024

için daha çok çalışmanın yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk Çeşitleri, Lif Kalitesi, Su Kısıtı, Hüyük Asit

Abstract

This study was carried out in 2021 and 2022 in Aydın-Nazilli ecological conditions in order to determine the effect of different irrigation amounts (Full, 25% water deficit, 50% water deficit) and humic acid doses (0, 250 g/da, 500 g/da) on fiber quality in some cotton varieties (Harem 2, Şahin 2000, Fiona) according to the 'Split-Split Plots on Randomized Complete Block Design'. with 3 replications. The main plots were water restricted, sub-plots were varieties and sub-subplots were humic acid doses. As a result of this research conducted for two years, the differences among the varieties were significant for all of the fiber quality parameters examined, and it was determined that the variation in fiber quality parameters in cotton may be caused by environment and growing conditions as well as genotype. The best results as the average of all treatments; fiber length (30.2 mm), strength (35.8 gtx⁻¹), uniformity ratio (85.1%), short fiber ratio (6.1%), luster (79.8%) and yellowness values (8.3 b+) were obtained in Fiona variety, fineness (4.6 mic.) and elasticity (8.0%) were obtained in Şahin2000 variety. Among the irrigation levels; the best results for all fiber quality issues except for the highest fiber length (31.2 mm) and luster and yellowness were determined at full irrigation. However, no significant effect of humic acid doses on fiber quality was detected. As a result; it was concluded that full irrigation application with Fiona variety can be recommended in terms of fiber quality in the region, however, more studies should be carried out in order to make this recommendation more clear and reliable.

Keywords: Cotton Varieties, Fiber Quality, Water Deficit, Humic Acid

1. Giriş

Pamuk, ebegümeçigiller (Malvaceae) familyasından bir lif bitkisidir. Ülkemizde kültürü yapılan pamuk çeşitleri Amerikan orjinli yenedünya pamukları olarak tanınan, açık kozalı pamukları (Upland) içeren *Gossypium hirsutum* türüne

aittir. Önemli bir lif bitkisi olması yanı sıra, çiğidinden elde edilen yağı ve diğer yan ürünleriyle ekonomik değeri çok yüksek bir bitki olan pamuğun yarattığı katma değer ve istihdam alanı ile ülke ekonomisine katkıları oldukça önemlidir. Dokuma ve tekstil sanayinin ana ham maddesi olup stratejik öneme sahiptir (Mert, 2007; Geçit vd., 2009; Mert, 2017).

Üretim ve tüketim açısından dünya genelinde 68 ülkenin doğrudan ilgi alanında olan pamuk bitkisinin bu ülkelerin 45'inde hem üretimi hem de kullanımı yapılırken, geri kalan 23 ülkede ise sadece tüketilmektedir. Bu yaygınlığına karşılık dünya pamuk üretiminin neredeyse tamamı (%99.5) ülkemizin 6. sırada yer aldığı 10 büyük pamuk üreticisi ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Pamuk ülkemiz tarımında büyük öneme sahip olup "Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler" grubunda buğdaydan sonra en büyük ciroya sahip üründür (Anonim, 2021a). Tekstil ve hazır giyim sektörünün gelişmiş olmasına bağlı olarak Türkiye'nin yurtiçi ihtiyacına göre pamuk üretimi yetersiz kalmaktadır (Anonim, 2021b). Her ne kadar, kimyasal lifler hala tüketilen lifler içerisinde yüksek bir paya sahip olsalar da lifinin doğal olması, hava geçirgenliği ve nem çekme özellikleri, yıkanabilirliğinin iyi olması ve hijyenik özellikler taşıması sebebiyle pamuk bitkisi, cazibesini artan bir şekilde muhafaza ettirmektedir (Gürel vd., 2000). Pamuk yetiştiriciliğinde verim kadar lif kalitesi de önemli bir olgudur. Lifi rengi, inceliği, kalınlığı, mukavemeti, üniformitesi, elastikiyeti gibi çeşitli özellikler kalite üzerine etki eden önemli faktörlerdendir (Tümer, 2010). Kalite parametreleri, çevresel koşullardan etkilenmekte ve aralarında ikili korelasyon ilişkileri oluşmaktadır (Kothari vd., 2017). Pamuk lif kalitesini etkileyen faktörler arasında çeşit seçimi, ekim zamanı, topraktaki nem miktarı, sulama zamanı ve miktarı, bitki besin elementleri, bitki hastalık ve zararlıları, iklim ve bakım koşulları, hasat ve hasada yardımcı uygulamalar ile çırçırılama yöntemleri yer almaktadır (Braden vd., 2004).

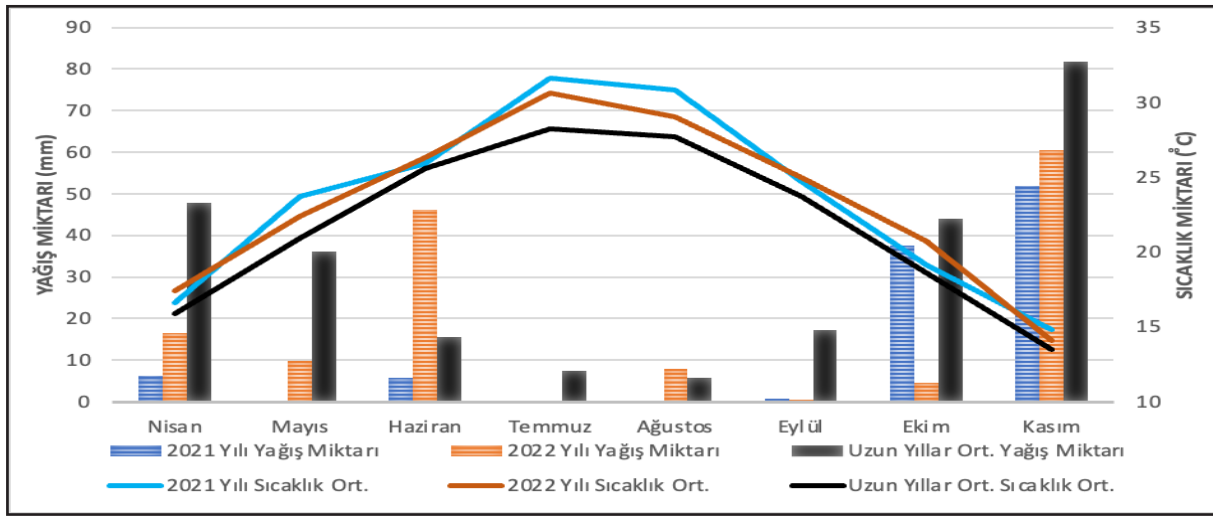
Bu çalışma ile ülkemizde sulu koşullarda tarımı yapılan pamuk bitkisinde, farklı su seviyeleri altında toprağa uygulanan farklı hüyük asit dozlarının, farklı pamuk çeşitlerinde lif kalitesine olan etkilerinin değerlendirilmesi ve bu üç faktörün birbirleriyle olan etkileşiminin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metod

Araştırma, Büyük Menderes havzasında yer alan Aydın ili Nazilli ilçesinde bulunan, Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü uygulama arazisinde 2021 ve 2022 yıllarında yürütülmüştür. İklim verileri genel olarak incelendiğinde (Şekil 2.1), uzun yıllar (1941-2020) ortalamasına

göre araştırmanın yürütüldüğü 2021 ve 2022 yılları daha sıcak ve daha düşük yağışlı olmuş, deneme yılları karşılaştırıldığında ise hasat dönemine kadar 2022 yılına göre 2021 yılı daha sıcak ve daha kurak geçmiştir. Bununla birlikte; 2022 yılında pamuğun erken gelişme döneminde özellikle Haziran ayında yüksek miktarda yağış olmuştur (Anonim, 2022).

Şekil 2.1. 2021,2022 ve uzun yıllar (1941-2020) iklim verileri grafiği



Çalışma, ‘Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller’ deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ana parsel su kısıtı (SK; tam sulama (I_0), %25 (I_{25}), %50 (I_{50}), alt parsel: çeşit (C_1 ; Fiona (C_{11}), Harem2 (C_2), Şahin2000 (C_3) ve altın altı parsel hümik asit dozlarından (HA; 0 (H_0), 250 (H_{250}), 500 (H_{500}) g/da) oluşmuştur. Hümik asit kaynağı olarak ‘K-Hümat’ su ile karıştırılarak kullanılmıştır. Deneme alanı toprağının fiziksel ve kimyasal analizleri ile sulama suyu analizleri için ekim öncesinde numuneler alınarak UTAEM (Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü) Laboratuvarları’nda analizler yapılmıştır. Sulama suyu; derin kuyudan sağlanmış, analizler sonucunda, ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflama sistemine göre T2A1 sınıfında yer almıştır (T:Tuzluluk, A:Alkalilik). Deneme alanı organik maddece yetersiz, kumlu tınlı bünyeli, tuzluluk problemi bulunmayan, hafif alkalın karakterli, orta kireçli olup, bitkiye yararışlı

kalsiyum orta, magnezyum iyi, fosfor orta, potasyum yüksek, mikro elementler bakımından ise; demir yüksek, çinko orta, mangan ve bakır yeterli seviyede bulunmuştur. Araştırmada, sulama suyu başlangıç zamanını belirlemek için deneme arazisinden belli sıklıklarla numune alınarak gravimetrik yöntemle toprak nemi kontrol edilmiştir. Araştırmada, bütün konularda ilk sulama ekimden yaklaşık 60-65 gün sonra (ilk çiçeklerin görülmesiyle, faydalı suyun %40’ı tüketildiğinde) başlayacak şekilde planlanmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979; Tüzel ve Ul, 2003, Özdemir ve Dağdelen, 2015). Ekim birinci yıl 28.04.2021, ikinci yıl 22.04.2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Deneme konusu olarak belirtilen hümik asit (K-Hümat) dozları (0, 250, 500 g/da) su ile karıştırılarak ekimden önce sırt pülverizatörü ile uygulanmıştır. Sulama sisteminin kurulmasından hemen önce ‘Class-A Pan Kabı’ ve ‘Su Sayacı’ temin edilmiş ve uygun yerlere yerleştirilmiştir. Ardışık sulamalar 8 gün sulama aralığında (Dağdelen vd., 2005; Dağdelen vd.,

2009), oluşan toplam buharlaşma değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Denemenin birinci yılında toplam 9 kez sulama yapılmış ve Class-A pan buharlaşma kabından yapılan ölçümler sonucu, sezon boyunca 712.0 mm su eksildiği belirlenmiştir. Denemenin 2. yılında ise Haziran ayında devam eden yağışlar sulama başlangıç zamanını denemenin ilk yılına göre geciktirmiştir. Denemenin ikinci yılında 15.07.2022 tarihinde başlayan ilk sulama 24.08.2022 tarihinde verilen son suyla nihayete ermiştir. Denemenin 2. yılında 6 kez sulama yapılmış Class-A pan buharlaşma kabından yapılan ölçümler sonucu sezon boyunca 476.0 mm su eksildiği belirlenmiştir. Denemede birinci yıl 1. el hasat 30.09.2021, 2. el hasat 25.10.2022 tarihinde; ikinci yıl 1. el hasat 26.09.2022, 2. el hasat 20.10.2022 tarihinde yapılmıştır.

Hasat sonrası her parselden alınan lif örneklerinin Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarı'nda HVI spectrum lif ölçüm cihazı ile ölçülmesi ile çırçır randımanı (%), lif uzunluğu (mm), lif inceliği (micronaire), iplik olabirlik indeksi (SCI) ve lif mukavemeti belirlenmiş elde edilen veriler "MSTAT-C" istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Lif Uzunluğu (mm): İki yıl birleşik analiz sonuçlarına göre lif uzunluğu değerleri üzerine yıl, hümik asit ve konular arasındaki diğer etkilerin etkisi istatistik olarak önemsiz, sulama düzeyleri, çeşitler, YxÇxHA interaksyonu önemli olmuştur. Lif uzunluğu ilk yıl 28.1-31.1 mm, ikinci yıl 27.7-31.2 mm arasında değişmiş, ortalama değerler 2021 yılında 29.4 mm, 2022 yılında 29.3 mm

olarak belirlenmiştir. Sulama suyu miktarının artışına göre lif uzunluğu değerlerinde artış olmuş, 29.8 mm ile tam sulama > 29.3 mm ile %25 su kısıtı > 29.0 mm ile %50 su kısıtı olarak sıralanmıştır. Bu sonucu destekler nitelikte Karademir vd. (2011), Papastylianou ve Argyrokastritis (2014), Cordão Sobrinho vd. (2015), lif uzunluğuna su stresinin olumsuz yönde etki ettiğini bildirirlerken; Coşkun (2015), İsoçtu (2016) ise su kısıtının lif uzunluğunu önemli derecede etkilemediğini ifade etmişlerdir. Bu farklılığın, araştırmalarda farklı çeşitler kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Çeşitler arasında, en yüksek lif uzunluğu 30.2 mm ile Fiona, en düşük 28.5 mm ile Harem2 çeşidinde belirlenmiştir. Güneş (1996) lif uzunluğunun çeşitlere göre 26.50-31.00 mm; De Mastro ve Lucarelli (2000) 25.9-31.2 mm; Köken (2017) 27.1-32.1 mm arasında değiştiğini, Gözcü vd. (2012) ve İrget (2018) araştırma sonucumuza benzer şekilde, genotipler arasında lif uzunluğu bakımından önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir. Hümik asit dozlarının lif uzunluğuna etkisi ise önemsiz bulunmuş, sonucumuzu destekler nitelikte; Acemoğlu (2018) çalışmasında hümik asidin lif uzunluğu üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Çalışmada, YxÇxHA interaksyonunun lif uzunluğu değerlerine etkisi önemli bulunmuş, bu husus iklim şartlarındaki değişikliklerin hümik asit dozlarının çeşitlere göre farklı etki oluşturduğunu düşündürmüştür. Araştırmada; en yüksek lif uzunluğu 31.15 mm ile Fiona çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozunda, tam sulanan ($I_{0x}C_{1x}H_{250}$), en düşük (27.96 mm) Harem2 çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozunda, tam sulanan ($I_{0x}C_{2x}H_{250}$) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Lif uzunluğu (mm) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	Ç1	30.3	31.1	29.7	30.4	30.8	31.2	30.6	30.9	30.6	31.2	30.2	30.6
	Ç2	29.1	28.7	28.9	28.9	28.5	29.1	29.0	28.9	28.8	28.9	28.9	28.9
	Ç3	30.9	29.5	29.8	30.0	30.0	30.3	29.5	29.9	30.5	29.9	29.6	30.0
	Ort.	30.1	29.8	29.5	29.8	29.8	30.2	29.7	29.9	29.9	30.0	29.6	29.8a*

I ₂₅	Ç1	30.2	30.8	29.6	30.2	29.7	29.6	30.4	29.9	30.0	30.2	30.0	30.0
	Ç2	28.6	29.0	28.1	28.6	28.1	28.5	28.5	28.3	28.3	28.8	28.3	28.5
	Ç3	29.7	29.3	30.1	29.7	29.5	29.3	29.2	29.3	29.6	29.3	29.7	29.5
	Ort.	29.5	29.7	29.3	29.5	29.1	29.1	29.4	29.2	29.3	29.4	29.3	29.3b
I ₅₀	Ç1	29.4	30.1	30.1	29.9	30.4	29.5	30.4	30.1	29.9	29.8	30.3	30.0
	Ç2	28.8	28.1	28.5	28.4	28.0	27.8	27.7	27.8	28.4	28.0	28.1	28.1
	Ç3	29.6	28.7	28.6	29.0	28.9	28.4	28.8	28.7	29.2	28.5	28.7	28.8
	Ort.	29.2	29.0	29.1	29.1	29.1	28.6	29.0	28.9	29.2	28.8	29.0	29.0c
ÇxHA	Ç1	30.0bd*	30.7a	29.8ce	30.2	30.3ac	30.1ac	30.5ab	30.3	30.1	30.4	30.1	30.2a**
	Ç2	28.8gı	28.6hj	28.5ij	28.6	28.2j	28.5ij	28.4ij	28.4	28.5	28.5	28.4	28.5c
	Ç3	30.0bd	29.1fh	29.5df	29.6	29.5df	29.3eg	29.2fg	29.3	29.8	29.2	29.4	29.5b
	Ort.	29.6	29.5	29.3	29.5	29.3	29.3	29.3	29.3	29.5	29.4	29.3	29.4

CV:1.96; *):Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %5'e göre, **) %1'e göre önemsizdir.

Lif İnceliği (mic.): Araştırmada lif inceliğine yıllar, her iki yıl da çeşitlerin etkisi önemli, diğer faktörler ve interaksiyonların etkisi önemsiz olmuştur. Birinci yıl lif inceliği 4.39-5.72 mic., ikinci yıl 4.22-5.43 mic. arasında değişmiş, 2021 yılı için ortalama 5.23 mic., 2022 yılı için ise 4.82 mic. olarak belirlenmiştir. Her iki yılda da sulama miktarlarının lif inceliğine etkisi önemsiz olmuştur. Papastylianou ve Argyrokastritis (2014); İsoçu (2016); Uzel (2019) lif inceliğine ait değerlerde sulu ve kuru yetiştirme koşulları arasında önemli bir farklılık saptanmadığını; Kılınç (2020), genotipin etkisinin istatistiksel olarak önemli, su kısıtı ve su kısıtı x genotip interaksiyonu değerleri arasındaki farklılıkların önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgular, bu araştırmadan elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Bununla birlikte, Mert (2006); Karademir vd. (2011); Coşkun (2015); Cordão Sobrinho vd. (2015); Ektiren (2017) sulama konularının lif inceliği değerlerine etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar arasındaki bu farklılıkların araştırmalarda farklı çeşitler kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Her iki yılda da, çeşitler arasında en yüksek lif inceliği (sırasıyla, 5.58

mic., 5.20 mic.) Harem2, en düşük (sırasıyla, 4.72 mic., 4.51 mic.) Şahin2000 çeşidinde belirlenmiştir. Bu sonuç, lif inceliğinin çeşitlere göre değiştiğini bildiren Tarhan ve Karademir (2019), Ören (2007), Rady vd. (2016) ile benzerlik göstermektedir. Araştırmanın her iki yılında da hümik asit dozlarının lif inceliği üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu sonucu destekler şekilde; Başbağ (2008); Aygün ve Mert (2020), hümik asit uygulamaları gibi toprak düzenleyicilerinin lif inceliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını, buna karşın Temiz vd. (2009) hümik asit uygulamasının lif inceliğini önemli düzeyde etkilediğini bildirmişlerdir. Bu durumun, çeşit farkından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Çalışmada; 2021 yılında en yüksek değer 5.72 mic. ile Harem2 çeşidinde, hümik asit uygulanmayan ve tam sulanan (I_{0x}C_{2x}H₀); en düşük değer (4.39 mic.) Şahin2000 çeşidinde hümik asit uygulanmayan, tam sulama yapılan (I_{0x}C_{3x}H₀) parsellerde; 2022 yılında ise en yüksek değer 5.43 mic. ile Harem2 çeşidinde hümik asit uygulanmaksızın, %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅x₂xH₀), en düşük 4.22 mic. ile Şahin2000 çeşidinde 250 g/da hümik asit uygulanan, tam sulanan (I₀x₃xH₂₅₀) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Lif inceliği (mic.) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	Ç ₁	5,20	5,53	5,34	5,36	4,57	4,45	4,51	4,51	4,89	4,99	4,92	4,93
	Ç ₂	5,72	5,65	5,65	5,67	5,06	5,11	5,00	5,06	5,39	5,38	5,32	5,37
	Ç ₃	4,39	4,89	5,01	4,76	4,43	4,22	4,52	4,39	4,41	4,55	4,77	4,58
	Ort.	5,10	5,36	5,33	5,27	4,69	4,59	4,67	4,65	4,90	4,98	5,00	4,96

I ₂₅	C ₁	5,56	5,35	5,37	5,43	5,20	4,68	4,78	4,89	5,38	5,01	5,07	5,16
	C ₂	5,53	5,52	5,48	5,51	5,43	5,25	5,30	5,33	5,48	5,39	5,39	5,42
	C ₃	4,49	4,69	4,62	4,60	4,58	4,40	4,69	4,56	4,54	4,55	4,66	4,58
	Ort.	5,19	5,19	5,16	5,18	5,07	4,78	4,92	4,92	5,13	4,98	5,04	5,05
I ₅₀	C ₁	5,47	5,42	5,37	5,42	4,58	5,02	4,93	4,85	5,03	5,22	5,15	5,13
	C ₂	5,50	5,54	5,60	5,55	5,34	5,15	5,17	5,22	5,42	5,35	5,39	5,38
	C ₃	4,88	4,84	4,62	4,78	4,40	4,71	4,62	4,58	4,64	4,78	4,62	4,68
	Ort.	5,29	5,27	5,19	5,25	4,77	4,96	4,91	4,88	5,03	5,12	5,05	5,07
ÇxHA	C ₁	5,41	5,43	5,36	5,40 a**	4,79	4,72	4,74	4,75 b**	5,10	5,07	5,05	5,07
	C ₂	5,58	5,57	5,58	5,58 a	5,27	5,17	5,16	5,20 a	5,43	5,37	5,37	5,39
	C ₃	4,59	4,81	4,75	4,72 b	4,47	4,44	4,61	4,51 c	4,53	4,63	4,68	4,61
	Ort.	5,19	5,27	5,23	5,23	4,84	4,78	4,84	4,82	5,02	5,02	5,03	5,02

CV: 4.2 (2021), 5.7 (2022); **): Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %1'e göre önemsizdir.

Lif Mukavemeti (g/tex): Araştırmada sadece yıllar ve çeşitler arasındaki farklılıkların lif mukavemeti üzerine etkisi önemli olmuştur. Lif mukavemeti 2021 yılında 29.2-37.2 g/tex, 2022 yılında ise 27.8-36.8 g/tex arasında değişmiş, 2021 yılında ortalama 32.7 g/tex, 2022 yılında 31.5 g/tex olarak belirlenmiştir. Çeşitler arasında en yüksek değer her iki yılda da (sırasıyla, 36.42 g/tex, 35.14 g/tex) Fiona, en düşük ise (sırasıyla, 30.36 g/tex, 29.01 g/tex) Şahin2000 çeşidinde elde edilmiştir. De Mastro ve Lucarelli (2000), çalışmalarında lif mukavemeti değerlerinin 27.4-34.6 g/tex; Çelik vd. (2011) ise 26.88-38.20 g/tex arasında değiştiğini; Akışcan ve Gençer (2012), genotipler arasındaki farkın araştırma sonucumuzdaki gibi istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucu; su kısıtının lif kopma dayanıklılığı değerlerinde önemli bir farklılık oluşturmadığını bildiren Hussein vd. (2011) ve Satış (2021) ile uyum içinde bulunmuştur. Bununla birlikte farklı olarak; Mert (2006); Witt vd. (2020) pamukta su kısıtı koşullarının lif mukavemetini olumsuz

etkilediğini ifade etmişlerdir. Bu durum, kullanılan çeşitler arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir. Hümik asit uygulamasının pamukta lif mukavemeti üzerine etkisini belirlemeye yönelik Başbağ (2008) ve Temiz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda lif kopma dayanıklılığının hümik asit uygulamasından etkilenmediği bildirilmiştir. Bu bulgular, araştırma sonucumuzu destekler niteliktedir. Araştırmada en yüksek lif mukavemeti (37.2 g/tex) 2021 yılında Fiona çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozunda, %50 su kısıtı uygulanan (I₅₀xÇ₁xH₂₅₀), en düşük değer (29.2 g/tex) Şahin2000 çeşidinde 250 g/da hümik asit dozunda %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅xÇ₃xH₂₅₀) parsellerde belirlenmiştir. 2022 yılında ise, en yüksek lif mukavemeti (36.8 g/tex) Fiona çeşidinde, hümik asit uygulanmaksızın %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅xÇ₁xH₀), en düşük (27.80g/tex) Şahin2000 çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozunda %50 su kısıtı uygulanan (I₅₀xÇ₃xH₂₅₀) parsellerde saptanmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Lif mukavemeti (gtex⁻¹) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

		2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
Su Kısıtı	Çeşit	Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	C ₁	36.6	35.8	37.1	36.5	36.3	35.0	33.9	35.1	36.4	35.4	35.5	35.8
	C ₂	30.9	31.7	30.8	31.1	29.2	29.5	31.0	29.9	30.1	30.6	30.9	30.5
	C ₃	32.0	31.0	30.6	31.2	28.1	29.8	28.4	28.8	30.0	30.4	29.5	30.0
	Ort.	33.2	32.9	32.8	32.9	31.2	31.5	31.1	31.2	32.2	32.2	32.0	32.1

I ₂₅	Ç ₁	35.9	36.4	36.0	36.1	36.8	34.9	34.9	35.5	36.3	35.7	35.5	35.8
	Ç ₂	31.3	31.8	30.2	31.1	31.3	29.9	29.8	30.3	31.3	30.8	30.0	30.7
	Ç ₃	31.0	29.2	30.0	30.1	29.5	29.3	29.1	29.3	30.3	29.2	29.6	29.7
	Ort.	32.8	32.5	32.1	32.4	32.5	31.4	31.3	31.7	32.6	31.9	31.7	32.1
I ₅₀	Ç ₁	37.0	37.2	35.8	36.7	35.6	34.3	34.6	34.8	36.3	35.8	35.2	35.7
	Ç ₂	31.8	30.8	33.2	31.9	30.3	30.8	30.5	30.5	31.0	30.8	31.8	31.2
	Ç ₃	30.4	29.5	29.6	29.8	29.2	27.8	30.0	29.0	29.8	28.6	29.8	29.4
	Ort.	33.0	32.5	32.8	32.8	31.7	31.0	31.7	31.4	32.4	31.7	32.3	32.1
ÇxHA	Ç ₁	36.5	36.5	36.3	36.42 a**	36.2	34.7	34.5	35.14 a**	36.3	35.6	35.4	35.8
	Ç ₂	31.3	31.4	31.4	31.37 b	30.3	30.1	30.4	30.25 b	30.8	30.7	30.9	30.8
	Ç ₃	31.1	29.9	30.1	30.36 b	28.9	29.0	29.2	29.01 c	30.0	29.4	29.6	29.7
	Ort.	33.0	32.6	32.6	32.7	31.8	31.3	31.4	31.5	32.4	31.9	32.0	32.1

CV: 4.68 (2021), 5.23 (2022); *): Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %5'e göre, **) %1'e göre önemsizdir.

Lif Uniformite Oranı (%): Lif uniformite oranı üzerine, çeşit etkisi önemli, yıllar, diğer faktörler ve interaksiyonların etkisi ise önemsiz olmuştur. Tüm faktörlerin ortalaması olarak 2021 yılında %84.64, 2022 yılında %84.39 olarak belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü her iki yılın birleşik analiz sonuçlarına göre, çeşitler arasında en yüksek lif uniformite oranı %85.19 ile Fiona, en düşük %83.71 ile Şahin2000 çeşidinde belirlenmiştir. Bu sonucu destekler şekilde De Mastro ve Lucarelli (2000), pamuk çeşitleri ile yaptıkları araştırmada, lif uniformite oranı değerlerinin çeşitler arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ve % 81.4-84.9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmada su kısıtı uygulamalarının lif uniformite oranı üzerine etkisi önemsiz bulunmuş, konu üzerinde yapılan diğer çalışmalarda da bu sonuca benzer şekilde; Hussein vd. (2011); Karademir vd. (2011); Papastilianou ve Argyrokastritis (2014), Tüne (2016), sulama suyu miktarının lif uniformitesine etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Buna karşın;

Ünlü vd. (2011), Tunalı vd. (2019), Witt vd. (2020) ise su kısıtı uygulamasının lif uniformite oranını önemli düzeyde etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırma sonuçları arasındaki bu farklılıkların, kullanılan çeşit ve kültürel uygulamalar arasındaki muhtemel farklılıklar yanında, çalışmaların yürütüldüğü lokasyonlar arasındaki ekolojik farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Bu araştırma sonucunda, hümik asit dozlarının lif uniformite değerleri üzerine etkisi her iki deneme yılında da önemsiz bulunmuştur. Nitekim bu sonucu destekler şekilde; Ören (2007), hümik asit uygulama dozları; Tarhan (2017), hümik asit uygulamaları arasındaki farklılıkların lif uniformitesine etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmada lif uniformite oranı bakımından; iki yıla ait verilerin ortalaması olarak, en yüksek değer %85.55 ile Fiona çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozunda tam sulanan (I₀xÇ₁xH₂₅₀), en düşük %83.03 ile Şahin2000 çeşidinde, 500 g/da hümik asit dozunda %50 su kısıtı uygulanan (I₅₀xÇ₃xH₅₀₀) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo.3.4 Lif uniformite oranı (%) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	Ç ₁	84.65	85.76	85.70	85.37	85.77	85.34	84.47	85.19	85.21	85.55	85.08	85.28
	Ç ₂	85.22	84.82	85.08	85.04	84.36	84.92	84.42	84.56	84.79	84.87	84.75	84.80
	Ç ₃	83.63	84.28	84.13	84.01	83.45	84.20	84.06	83.90	83.54	84.24	84.09	83.96
	Ort.	84.50	84.96	84.97	84.81	84.52	84.82	84.31	84.55	84.51	84.89	84.64	84.68

I ₂₅	Ç ₁	85.43	86.55	85.83	85.94	85.15	84.26	84.84	84.75	85.29	85.41	85.34	85.34
	Ç ₂	83.94	84.11	84.79	84.28	85.65	83.32	84.81	84.60	84.80	83.71	84.80	84.44
	Ç ₃	83.57	83.60	83.48	83.55	84.70	84.46	83.67	84.28	84.14	84.03	83.58	83.91
	Ort.	84.31	84.75	84.70	84.59	85.17	84.02	84.44	84.54	84.74	84.38	84.57	84.57
I ₅₀	Ç ₁	84.12	85.90	85.42	85.15	85.10	84.23	84.85	84.73	84.61	85.07	85.13	84.94
	Ç ₂	85.02	85.45	84.76	85.08	83.99	84.76	84.32	84.35	84.51	85.11	84.54	84.72
	Ç ₃	84.12	83.37	82.55	83.35	83.01	83.00	83.52	83.18	83.57	83.19	83.03	83.26
	Ort.	84.42	84.91	84.24	84.52	84.03	84.00	84.23	84.09	84.23	84.45	84.24	84.31
Ç _x HA	Ç ₁	84.73	86.07	85.65	85.48	85.34	84.61	84.72	84.89	85.03	85.34	85.18	85.19 a**
	Ç ₂	84.73	84.79	84.88	84.80	84.66	84.33	84.52	84.50	84.70	84.56	84.70	84.65 b
	Ç ₃	83.77	83.75	83.39	83.64	83.72	83.89	83.75	83.79	83.75	83.82	83.57	83.71 c
	Ort.	84.41	84.87	84.64	84.64	84.57	84.28	84.33	84.39	84.49	84.58	84.48	84.52

CV: 1.23; **): Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %1'e göre önemsizdir.

Kısa Lif Oranı (%): Araştırmada kısa lif oranı değerleri üzerine yıllar ve her iki yıl da çeşitlerin etkisi önemli, SKxÇ interaksiyonunun etkisi ilk yıl için önemli, diğer faktörlerin ve interaksiyonların etkisi önemsiz olmuştur. Tüm faktörlerin ortalaması olarak kısa lif oranı 2021 yılında %6.47, 2022 yılında ise %6.75 olarak belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da kısa lif oranı bakımından çeşitler arasında en yüksek değerler sırasıyla, %7.19 ve %7.27 ile Şahin2000 çeşidinde, en düşük değer sırasıyla, %5.90 ve %6.28 ile Fiona çeşidinde elde edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda pamukta kısa lif oranı bakımından çeşitler arasında önemli farklılıklar olduğu; De Mastro ve Lucarelli (2000) %6.1-12.6 ; Köken (2017), %6.8-8.7; Yılmaz vd. (2023) % 5.16-7.93 arasında değiştiği, ortalama % 6.14 olduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, bu araştırma sonucunu desteklemiştir. Su kısıtı ve çeşitler arasında oluşan interaksiyon araştırmanın ilk yılında önemli bulunmuş, Ç₃ ve Ç₁ için su kısıtının kısa lif oranı değerlerini artırdığı, Ç₂ için ise azalttığı gözlemlenmiştir. 2021 yılında en yüksek değer (%7.70) I₅₀xÇ₃, en düşük (%5.83) I₀xÇ₁ interaksiyonunda, 2022 yılında ise, en yüksek (%7.74) I₅₀xÇ₃, en düşük (%6.16) I₂₅xÇ₁ interaksiyonunda elde edilmiştir. Mert (2006), pamukta su stresinin kısa lif oranı değerlerini artırdığını; Ünlü vd. (2011), kısıntılı sulamanın kısa lif indeksini artırdığını; Cordão Sobrinho vd. (2015), tam sulamanın kısa lif indeksi değerleri üzerine önemli ve

pozitif etki ettiğini; Avşar (2019), sulama artışının kısa lif oranı değerlerinde artışa sebep olduğunu; Can (2017), kısa lif oranının ilk yıl sulama düzeylerinden etkilenmez iken, ikinci yıl istatistiki açıdan önemli seviyede etkilendiğini; Tüne (2016) ise, sulama suyu miktarının kısa lif oranına etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, farklı bölgelerde yürütülmüş farklı çalışmalardan, farklı sonuçların elde edildiği görülmüş olup, bu araştırmaların sonuçları incelendiğinde görülen bu farklılıkların; kullanılan çeşit, yıl ve lokasyonlara göre değişen iklim şartlarından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Araştırmada, hümik asit dozlarının kısa lif oranına etkisi denemenin her iki yılında da önemsiz çıkmış, benzer şekilde; Ören (2007) ve Tarhan (2017), hümik asit uygulamaları arasındaki farklılığın önemli bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmada en yüksek kısa lif oranı, 2021 yılında %8.16 ile Şahin2000 çeşidinde, 500 g/da hümik asit dozu ve %50 su kısıtı uygulamasında (I₅₀xÇ₃xH₅₀₀), en düşük %5.48 ile Fiona çeşidinde, 250 g/da hümik asit dozu ve %25 su kısıtı uygulamasında (I₂₅xÇ₁xH₂₅₀) elde edilmiştir. 2022 yılında ise, en yüksek kısa lif oranı %8.17 ile Şahin2000 çeşidinde hümik asit uygulaması yapılmadan %50 su kısıtı uygulanan (I₅₀xÇ₃xH₀), en düşük %5.86 ile Harem2 çeşidinde, hümik asit uygulanmadan, %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅xÇ₂xH₀) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.5).

Tablo.3.5 Kısa lif oranı (%) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hüyük Asit (g/da)				Hüyük Asit (g/da)				Hüyük Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	Ç1	6.19	5.51	5.80	5.83 d*	6.00	6.38	6.97	6.45	6.10	5.94	6.39	6.14
	Ç2	6.14	6.14	6.52	6.27 cd	6.81	6.29	6.91	6.67	6.47	6.21	6.72	6.47
	Ç3	6.63	7.42	6.45	6.83 b	7.70	6.85	7.08	7.21	7.17	7.13	6.77	7.02
	Ort.	6.32	6.35	6.26	6.31	6.84	6.51	6.99	6.78	6.58	6.43	6.62	6.55
I ₂₅	Ç1	5.95	5.48	6.11	5.85 d	6.04	6.47	5.98	6.16	6.00	5.97	6.04	6.00
	Ç2	6.66	6.64	6.51	6.60 bc	5.86	6.97	6.17	6.33	6.26	6.80	6.34	6.47
	Ç3	7.54	6.92	6.61	7.02 b	6.71	6.78	7.07	6.85	7.12	6.85	6.84	6.94
	Ort.	6.72	6.34	6.41	6.49	6.20	6.74	6.41	6.45	6.46	6.54	6.41	6.47
I ₅₀	Ç1	6.11	6.09	5.88	6.03 d	6.14	6.30	6.27	6.24	6.13	6.19	6.08	6.13
	Ç2	6.27	5.82	6.18	6.09 cd	6.96	7.29	7.11	7.12	6.62	6.56	6.64	6.61
	Ç3	7.39	7.55	8.16	7.70 a	8.17	7.51	7.55	7.74	7.78	7.53	7.86	7.72
	Ort.	6.59	6.49	6.74	6.61	7.09	7.03	6.98	7.03	6.84	6.76	6.86	6.82
ÇxHA	Ç1	6.09	5.69	5.93	5.90 c**	6.06	6.38	6.41	6.28 c**	6.07	6.04	6.17	6.09
	Ç2	6.36	6.20	6.40	6.32 b	6.54	6.85	6.73	6.71 b	6.45	6.53	6.57	6.51
	Ç3	7.19	7.30	7.07	7.19 a	7.53	7.04	7.24	7.27 a	7.36	7.17	7.15	7.23
	Ort.	6.54	6.40	6.47	6.47	6.71	6.76	6.79	6.75	6.63	6.58	6.63	6.61

CV: 11.36 (2021), 9.18 (2022); *):Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %5'e göre, **) %1'e göre önemsizdir.

Elastikiyet (%): Yıllar, her iki yılda çeşitler, 2. yılda SK ve SKxÇ interaksyonunun lif elastikiyet değerlerine etkisi önemli, diğer faktörler ve interaksyonların etkisi önemsiz olmuştur. Tüm faktörlerin ortalaması olarak lif elastikiyeti 2021 yılında %7.65, 2022 yılında %7.48 olarak belirlenmiştir. Sulama suyu seviyeleri dikkate alındığında; 2022 yılında en yüksek lif elastikiyeti (%7.61) tam sulama (I₀), en düşük (%7.37) %25 su kısıtı (I₂₅) konusunda elde edilmiştir. Hussein vd. (2011) ile Peynircioğlu (2014), bu denemenin ilk yıl sonucuna benzer şekilde, kısıtlı sulama uygulamasının lif esnekliği değerlerinde önemli bir farklılığa neden olmadığını bildirirken; Mert (2006) ve Aşar (2019) sulanmayan koşullarda su stresinin lif elastikiyetine ilişkin değerlerde önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu bildirerek, bu araştırmanın ikinci yılında elde edilen sonucu desteklemişlerdir. Araştırmanın her iki yılında da

çeşitler arasında en yüksek elastikiyet sırası ile, %8.15 ve %7.93 ile Şahin2000, en düşük ise sırası ile, %7.19 ve %7.04 ile Fiona çeşidinde belirlenmiştir. İrget (2018), lif esnekliği özellikleri yönünden genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu; Yılmaz vd., (2023), denemeye alınan çeşitlerde lif elastikiyetinin %6.56-9.20 arasında değiştiğini, en yüksek lif elastikiyetinin Bomba (%9.20), en düşük Gloria çeşidinden (%6.56) elde edildiğini; ortalama lif elastikiyetinin ise %7.79 olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgular, bu araştırmanın sonuçlarını destekler nitelikte olmuştur. Lif elastikiyet değerleri bakımından 2022 yılında çeşitlerin su kısıtı uygulamaları karşısında gösterdikleri değişim incelendiğinde, en yüksek değer (%8.27) I₀xÇ₃, en düşük (%6.98) I₂₅xÇ₁ interaksyonunda belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında lif elastikiyeti açısından çeşitlerin su kısıtına verdikleri tepki değişiklik göstermiştir.

Bu durumun, araştırmada kullanılan çeşitlerin genetik yapısı ve denemenin yürütüldüğü yıllar arasındaki iklim koşullarında görülen farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Çalışmada, hümik asit dozları ve faktörler arasındaki interaksiyonlar ise her iki yılda da lif elastikiyet değerlerini etkilememiştir. Nitekim, bu sonuca benzer şekilde; Ören (2007), hümik asit uygulama şekli ve dozunun lif elastikiyeti üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, Tarhan (2017), pamukta lif kopma uzaması bakımından

hümik asit uygulamaları arasındaki farklılıkların istatistikî açıdan önemli olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmada; gerek 2021 gerekse 2022 yılında en yüksek lif elastikiyeti (sırasıyla, %8.37 ve %8.49) Şahin2000 çeşidinde, hümik asit uygulaması olmayan, %25 su kısıtı uygulanan ($I_{25} \times C_3 \times H_0$), en düşük (sırasıyla, %7.06 ve %6.89) Fiona çeşidinde hümik asit uygulaması yapılmayan, %25 su kısıtı uygulanan ($I_{25} \times C_1 \times H_0$) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo.3.6 Lif elastikiyeti (%) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.	H ₀	H ₂₅₀	H ₅₀₀	Ort.
I ₀	Ç1	7.33	7.21	7.32	7.29	7.04	7.14	7.04	7.07 d*	7.18	7.18	7.18	7.18
	Ç2	7.87	7.29	7.50	7.56	7.63	7.37	7.44	7.48 c	7.75	7.33	7.47	7.52
	Ç3	8.20	8.13	7.87	8.07	8.49	8.27	8.04	8.27 a	8.34	8.20	7.96	8.17
	Ort.	7.80	7.55	7.56	7.64	7.72	7.59	7.51	7.61 a*	7.76	7.57	7.54	7.62
I ₂₅	Ç1	7.06	7.26	7.09	7.14	6.89	6.98	7.06	6.98 d	6.98	7.12	7.08	7.06
	Ç2	7.40	7.41	7.51	7.44	7.36	7.59	7.40	7.45 c	7.38	7.50	7.46	7.45
	Ç3	8.37	8.06	8.32	8.25	7.57	7.84	7.65	7.68 bc	7.97	7.95	7.98	7.97
	Ort.	7.61	7.58	7.64	7.61	7.27	7.47	7.37	7.37 b	7.44	7.52	7.51	7.49
I ₅₀	Ç1	7.07	7.10	7.31	7.16	7.24	6.99	6.98	7.07 d	7.15	7.05	7.14	7.11
	Ç2	7.83	7.74	7.73	7.77	7.57	7.51	7.40	7.49 c	7.70	7.62	7.56	7.63
	Ç3	8.29	8.17	7.98	8.15	7.94	7.60	8.00	7.84 b	8.11	7.89	7.99	8.00
	Ort.	7.73	7.67	7.67	7.69	7.58	7.37	7.46	7.47 ab	7.66	7.52	7.56	7.58
ÇxHA	Ç1	7.15	7.19	7.24	7.19 c**	7.05	7.04	7.03	7.04 c**	7.10	7.12	7.13	7.12
	Ç2	7.70	7.48	7.58	7.59 b	7.52	7.49	7.41	7.47 b	7.61	7.48	7.50	7.53
	Ç3	8.29	8.12	8.06	8.15 a	8.00	7.90	7.90	7.93 a	8.14	8.01	7.98	8.04
	Ort.	7.71	7.60	7.63	7.65	7.52	7.48	7.44	7.48	7.62	7.54	7.54	7.56

CV (%): 4.74 (2021), 3.93 (2022); *): Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %5'e göre, **) %1'e göre önemsizdir.

Parlaklık (Rd) (%): Araştırmada çeşitler ve ÇxHA interaksiyonunun lif parlaklık değerlerine etkisi önemli; yıllar, diğer faktörler ve interaksiyonların etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Ele alınan faktörlerin ortalaması olarak lif parlaklık değeri 2021 yılında %79.13, 2022 yılında

%79.30 olmuştur. Araştırmada iki yılın birleşik analiz sonuçlarına göre, çeşitler arasında lif parlaklığı en yüksek %79.81 ile Fiona, en düşük %78.39 ile Harem2 çeşidinde belirlenmiştir. Yuka (2014) çalışmasında, çeşitler arasında lif parlaklığı yönünden istatistikî olarak önemli düzeyde

bir farklılık bulunduğunu, değerlerin % 75.47-80.03 arasında değiştiğini, ortalama % 77.95 olduğunu; Akışcan vd. (2017), 42 pamuk genotipiyle yaptıkları çalışmada lif parlaklığı açısından genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu; Altun (2020), farklı pamuk genotiplerinde yaptıkları çalışmada, lif parlaklık değerlerinin 70.68–83.68 Rd arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu bulgular, araştırma sonucumuzu destekler niteliktedir. Bununla birlikte bu sonuçtan farklı olarak, Yaşa (2022) tarafından yapılan çalışmada, pamuk çeşitleri arasında parlaklık değerleri açısından önemli farklılıklar olmamakla birlikte, saptanan değerlerin % 71.10 ile % 71.62 aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Araştırma sonuçları arasında görülen bu benzerlik ve farklılıkların, kullanılan çeşitler ve çevre koşullarından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Çeşit x hümik asit interaksiyonunun lif parlaklık değerlerine etkisi önemli bulunmuş; en yüksek (%80.19) $C_1 \times H_{250}$, en düşük (%78.07) $C_2 \times H_0$ interaksiyonunda elde edilmiştir. Sulama suyu seviyeleri, hümik asit ve $C \times HA$ interaksiyonu hariç faktörler arasındaki diğer interaksiyonların lif

parlaklığına etkisi ise çalışmada önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde; Avşar (2019), lif parlaklık değerinin su stresinden etkilenmediğini; Uzel (2019), sulama ve sulama x çeşit interaksiyonunda elde edilen lif parlaklık değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırma sonucunda, hümik asit dozlarının da lif parlaklık parametresine etkisi önemsiz bulunmuş, aynı şekilde, Tarhan (2017), lif parlaklık değerinin hümik asit uygulamalarından etkilenmediğini bildirmiştir. Bununla birlikte, bu araştırma sonucunda, çeşit x hümik asit interaksiyonu önemli olmuş; C_1 ve C_2 çeşitlerine ait parlaklık değerleri hümik asit dozlarında artarken, C_3 çeşidinde azalmış, çeşitlerin hümik asit dozlarına farklı tepki verdikleri belirlenmiştir. İki yıla ait birleşik verilere göre, lif parlaklık değeri en yüksek %80.52 ile Fiona çeşidinde, 250 g/da hümik asit ve %50 su kısıtı uygulanan ($I_{50} \times C_1 \times H_{250}$) parsellerde belirlenirken, en düşük %77.53 ile Harem2 çeşidinde, hümik asit uygulaması yapılmayan, tam sulanan ($I_0 \times C_2 \times H_0$) parsellerde elde edilmiştir (Tablo 3.7).

Tablo.3.7 Parlaklık (%) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H_0	H_{250}	H_{500}	Ort.	H_0	H_{250}	H_{500}	Ort.	H_0	H_{250}	H_{500}	Ort.
I_0	Ç1	79.5	80.4	79.4	79.8	79.9	80.2	79.6	79.9	79.7	80.3	79.5	79.8
	Ç2	77.6	78.6	78.9	78.3	77.5	77.3	78.7	77.8	77.5	77.9	78.8	78.1
	Ç3	79.5	79.1	79.5	79.4	80.1	79.7	78.7	79.5	79.8	79.4	79.1	79.5
	Ort.	78.9	79.4	79.3	79.2	79.2	79.1	79.0	79.1	79.0	79.2	79.1	79.1
I_{25}	Ç1	79.8	79.6	79.2	79.5	78.9	79.9	80.1	79.7	79.4	79.8	79.7	79.6
	Ç2	78.2	78.3	78.7	78.4	78.5	78.7	78.6	78.6	78.4	78.5	78.6	78.5
	Ç3	79.7	79.6	78.0	79.1	79.6	78.1	79.6	79.1	79.7	78.9	78.8	79.1
	Ort.	79.3	79.2	78.6	79.0	79.0	78.9	79.4	79.1	79.1	79.1	79.0	79.1
I_{50}	Ç1	79.7	80.1	79.7	79.8	79.6	81.0	80.1	80.2	79.7	80.5	79.9	80.0
	Ç2	78.2	78.6	78.3	78.4	78.5	79.3	78.9	78.9	78.3	78.9	78.6	78.6
	Ç3	79.6	78.9	79.9	79.5	80.1	79.7	80.5	80.1	79.9	79.3	80.2	79.8
	Ort.	79.2	79.2	79.3	79.2	79.4	80.0	79.8	79.7	79.3	79.6	79.6	79.5
$C \times HA$	Ç1	79.7	80.0	79.4	79.7	79.4	80.4	79.9	79.9	79.6 b*	80.2 a	79.7 ab	79.8 a**
	Ç2	78.0	78.5	78.6	78.4	78.2	78.4	78.7	78.4	78.1 d	78.4 d	78.7 cd	78.4 b
	Ç3	79.6	79.2	79.2	79.3	79.9	79.2	79.6	79.6	79.8 ab	79.2 bc	79.4 b	79.5 a
	Ort.	79.1	79.2	79.1	79.1	79.2	79.3	79.4	79.3	79.1	79.3	79.2	79.2

CV (%): 1.17; *): Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %5'e göre, **) %1'e göre önemsizdir.

Sarılık (+b): İki yıl verilerinin birleşik analiz sonuçlarına göre; yıllar, her iki yılda da çeşitler arasındaki farklılıkların lif sarılık değerlerine etkisi önemli, diğer faktörler ve interaksiyonların etkisi önemsiz bulunmuştur. Ele alınan tüm faktörlerin ortalaması olarak 2021 yılında ortalama 7.95 +b, 2022 yılında 9.29 +b olarak belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında (2021), çeşitler arasında lif sarılığı en yüksek 8.16 +b ile Şahin2000, en düşük (7.70 +b) ise Fiona çeşidinde elde edilmiştir. 2022 yılında ise, en yüksek (9.59 +b) Ç₂, en düşük (8.85 +b) Ç₁ çeşidinde tespit edilmiştir. Akışcan vd. (2017), lif sarılığı özellikleri yönünden genotipler arasında önemli farklılıklar olduğunu; Altun (2020), pamuk genotiplerinde lif sarılık değerlerinin 6.17-9.79+b arasında değiştiğini; Yılmaz vd. (2023), lif sarılık özelliklerinin istatistiksel olarak önemli olduğunu, denemeye alınan çeşitlerin lif sarılığının 7.66-8.96+b arasında değiştiğini, ortalama 8.25+b olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, bu araştırmanın sonucunu destekler nitelikte bulunmuştur. Yuka (2014) ise, pamuk çeşitlerinin ortalama lif sarılık değerinin 7.10-7.90+b arasında değiştiğini, ortalama 7.55+b olduğunu ve lif sarılık değeri yönünden çeşitler arasında önemli düzeyde farklılık oluşmadığını bildirmiştir. Bu bulgu, bu araştırma

sonucu ile farklılık göstermekte olup, bu durumun çevresel şartlar ve çeşitlerden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Araştırmada, sulama suyu seviyeleri, hümik asit dozları ve faktörler arasındaki interaksiyonların lif sarılık değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar irdelendiğinde; Kılınç (2020), lif sarılığı yönünden, genotipler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğunu, ancak, su kısıtı ve su kısıtı x genotip interaksiyonu değerlerinin önemsiz olduğunu; Tarhan (2017), lif parlaklık değerinin hümik asit uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmediğini bildirmişlerdir. Bu bulgular, araştırma sonucumuzu destekler niteliktedir. 2021 yılında lif sarılığı en yüksek (8.45+b) Şahin2000 çeşidinde, 500 g/da hümik asit ve %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅xÇ₃xH₅₀₀), en düşük (7.44+b) Fiona çeşidinde, hümik asit uygulaması yapılmayan, %25 su kısıtı uygulanan (I₂₅xÇ₁xH₀) parsellerde elde edilmiştir. 2022 yılında ise lif sarılığı bakımından en yüksek değer (9.87+b) Harem2 çeşidinde, hümik asit uygulanmadan, %25 su kısıtı uygulanan (I₀xÇ₂xH₀), en düşük değer (8.60+b) Fiona çeşidinde, hümik asit uygulanmayan ve tam sulama yapılan (I₀xÇ₁xH₀) parsellerde tespit edilmiştir (Tablo 3.8).

Tablo.3.8 Sarılık (+b) ortalama değerleri ve LSD testi grupları

Su Kısıtı	Çeşit	2021				2022				Birleşik (2 Yıl)			
		Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)				Hümik Asit (g/da)			
		H0	H250	H500	Ort.	H0	H250	H500	Ort.	H0	H250	H500	Ort.
I0	Ç1	7.76	7.61	7.49	7.62	8.60	8.96	8.76	8.77	8.18	8.28	8.13	8.20
	Ç2	8.12	7.79	8.04	7.98	9.87	9.87	9.46	9.73	9.00	8.83	8.75	8.86
	Ç3	8.25	8.17	8.07	8.16	9.33	9.36	9.36	9.35	8.79	8.76	8.72	8.76
	Ort.	8.05	7.86	7.87	7.92	9.27	9.39	9.19	9.29	8.66	8.62	8.53	8.60
I25	Ç1	7.44	8.02	7.56	7.67	8.63	8.95	9.19	8.92	8.04	8.49	8.37	8.30
	Ç2	7.89	7.83	7.89	7.87	9.63	9.67	9.45	9.58	8.76	8.75	8.67	8.73
	Ç3	8.06	8.18	8.45	8.23	9.47	9.25	9.54	9.42	8.77	8.71	9.00	8.83
	Ort.	7.80	8.01	7.97	7.93	9.24	9.29	9.39	9.31	8.52	8.65	8.68	8.62
I50	Ç1	7.74	7.92	7.76	7.81	8.90	9.00	8.69	8.86	8.32	8.46	8.22	8.34
	Ç2	8.00	8.10	8.20	8.10	9.47	9.49	9.43	9.46	8.73	8.80	8.82	8.78

	Ç3	8.13	7.84	8.25	8.07	9.44	9.48	9.48	9.47	8.79	8.66	8.87	8.77
	Ort.	7.96	7.96	8.07	7.99	9.27	9.32	9.20	9.26	8.61	8.64	8.64	8.63
ÇxHA	Ç1	7.65	7.85	7.60	7.70 b**	8.71	8.97	8.88	8.85 c**	8.18	8.41	8.24	8.28
	Ç2	8.00	7.91	8.04	7.99 a	9.66	9.68	9.44	9.59 a	8.83	8.79	8.74	8.79
	Ç3	8.15	8.06	8.26	8.16 a	9.41	9.36	9.46	9.41 b	8.78	8.71	8.86	8.79
	Ort.	7.93	7.94	7.97	7.95	9.26	9.34	9.26	9.29	8.60	8.64	8.62	8.62

CV (%): 4.30 (2021); 3.49 (2022); **: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar %1'e göre önemsizdir.

4. Sonuç

Farklı pamuk çeşitleri, sulama düzeyleri ve hümik asit dozları ile Aydın İli Nazilli İlçesi'nde iki yıl süreyle gerçekleştirilen bu çalışmada incelenen bazı lif kalite parametrelerine ait elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde; yılların incelik, mukavemet, elastikiyet, kısa lif oranı ve lif sarılık değerlerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Bu durumun iki deneme yılı arasında iklim koşulları açısından oluşan değişimden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Bunun yanında uzunluk, uniformite ve parlaklık değerlerine yılların etkisi önemsiz olurken, incelenen tüm lif kalite parametreleri için çeşitlerin etkisi önemli, su kısıtının lif uzunluğuna ve 2022 yılı için lif elastikiyetine, SKXÇ interaksyonunun 2021 yılı için kısa lif oranı, 2022 yılı için lif elastikiyetine, ÇXHA interaksyonunun ise lif parlaklığına etkisinin önemli olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda; pamuk lif kalite parametrelerindeki değişimin çeşitlerin genotipik yapısından kaynaklanabileceği gibi, yetiştirme koşulları ve çevre koşullarından da kaynaklanabileceği kanısı oluşmuştur. Araştırmada tüm uygulamaların ortalaması olarak en iyi uzunluk (30.2 mm), mukavemet (35.8 gtex⁻¹), uniformite oranı (%85.1), kısa lif oranı (%6.1), parlaklık (%79.8), sarılık (8.3 b+) Fiona çeşidinde, incelik (4.6 mic.) ve elastikiyet (%8.0) Şahin2000 çeşidinde elde edilmiştir. Bununla birlikte; en yüksek lif uzunluğu değeri (31,2 mm) tam sulama konusunda belirlenmiş, sayısal olarak parlaklık ve sarılık dışında ele alınan bütün lif konuları için en iyi sonuçlar tam sulama konusunda belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, bölgede lif kalitesi açısından Fiona çeşidi ile tam sulama uygulaması önerilebilir. Ancak ele

alınan konulardan hümik asitin denemede uygulanan dozlarının lif kalitesine güçlü bir etkisi görülmemiştir. Ele alınan tüm faktörler (su kısıtı, çeşit, hümik asit) ve bu faktörler arasındaki interaksyonların lif kalitesi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, farklı toprak koşullarında, daha çok çeşit ve uygulama dozu ile daha uzun yılları içine alan çalışmalar yapılması bu araştırma sonuçlarının daha güvenilir, daha net ortaya konulabilmesi, daha doğru önerilerde bulunulabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Acemoğlu, S., 2018, Hümik asit uygulamalarının pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve verim unsurlarına etkisi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 53.
- Akışcan, Y., Akgöl, B., Tok, F. M. ve Can, D., 2017, Determination of the fiber reflectance and yellowness for different cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes, International Conference on Multidisciplinary, Engineering, Science, Education and Technology, 12-14.07.2017, Baku / Azerbaijan.
- Akışcan, Y. ve Genç, O., 2012, Çukurova ekolojik koşullarında Pakistan orijinli bazı pamuk genotiplerinin verim ve lif kalite özelliklerinin değerlendirilmesi, MKU Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 107-114.
- Altun, D., 2020, Farklı pamuk hat ve çeşitlerinin verim kriterleri ve tekstil sektörüne uygunluklarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Siirt, 78.

- Anonim, 2021a. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Durum ve Tahmin PAMUK2021.https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum_Tahmin%20Raporlar%C4%B1/2021%20Durum_Tahmin%20Raporlar%C4%B1/Pamuk%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202021-349%20TEPGE.pdf. 22.11.2023, 13.00.
- Anonim, 2021b. Ulusal Pamuk Konseyi Pamuk Sektör Raporu 2021. http://www.upk.org.tr/User_Files/pdf/ulusal-pamuk-konseyi--sektor-raporu-2021.pdf. 16.11.2022 09.00.
- Anonim, 2022. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü illere ait mevsim normalleri (1991-2020) <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&cm=AYDIN>. 09.11.2022 11.00.
- Avşar, Ö., 2019, Pamukta bazı fizyolojik parametreler ile verim ve lif kalite özelliklerinin su stresi koşullarında değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Siirt, 124.
- Aygün, Y. Z. ve Mert, M., 2020, Toprak düzenleyicileri ve azot uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve lif teknolojik özelliklere etkisi. Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma, 13(3), 290-297.
- Başbağ, S., 2008, Effects of humic acid application on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Asian Journal of Chemistry, 20(3), 1961.
- Braden, C., Smith, C.W., Thaxton, P., Hequet, E., 2004. Determining Gin variability for HVI and AFIS data. Beltwide Cotton Conferences, San Antonio, Summaries Book, January 5-9, p. 1113.
- Can, D., 2017, Amik Ovası koşullarında kısıntılı sulamanın bazı pamuk çeşitlerinde verim, verim ögeleri ve kaliteye etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, 92.
- Cordão Sobrinho, F., Guerra, H., Araujo, W., Pereira, J., Zonta, J., Bezerra, J., 2015. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 19, no. 11, p. 1057- 1063.
- Coşkun, Z., 2015, Harran Ovasında damla sulamanın pamuk verimine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 59.
- Çelik, İ., Karahan, T., İnan, Ö. ve Çetinkaya, M., 2011, Antalya koşullarında bazı pamuk çeşitlerinin tarımsal ve teknolojik özellikleri üzerine bir araştırma, GAP VI. Tarım Kongresi, 9-12 Mayıs, Şanlıurfa, 655-662.
- Dağdelen, N., Sezgin, F., Gürbüz, T., Yılmaz, E., Akçay, S., 2009. Farklı Sulama Aralığı ve Sulama Düzeylerinin Pamukta Bazı Verim Özellikleri ve Lif Kalitesi Üzerine Etkisi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1):53–56.
- Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T. ve Akçay, S. 2005, Effects of different trickle irrigation regimes on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield in Western Türkiye, Pakistan Journal of Biological Sciences, 8(10), 1387-1391.
- De Mastro, G. ve Lucarelli, G., 2000, Comparison of Mediterranean cotton varieties in Southern Italy, FAO, The Inter-Regional Cooperative Research Network on Cotton, A Joint Workshop and Meeting of All Working Groups, Adana-Türkiye, Proceeding 82-87.
- Doorenbos, J. ve Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage, Paper 33, Rome, 257 p.
- Ektiren, Y., 2017. Farklı Sulama Seviyelerinin Pamukta Bitki Gelişim Parametreleri, Verim, Kalite ve Yaprakta Besin Elementi İçeriğine Etkisi. T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 85 s., Kahramanmaraş.
- Geçit, H. H., Çiftçi, C. Y., Emeklier, H. Y., İkincikarakaya, S., Adak, M., S., Kolsarıcı, Ö., Ekiz, H., Altınok, S., Sancak, C., Sevimay C., S., Kendir, H., 2009. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Kitabı: No:1569, 540 S.
- Gözcü, D., Özdemir, M. ve Günaçtı, H., 2012, Kahramanmaraş'ta bazı pamuk çeşitlerinin Verticillium solgunluk hastalığı etmeni (*Verticillium dahliae* Kleb.)'ne duyarlılıklarının belirlenmesi, Bitki Koruma

- Bülteni, 52(2), 135-152.
- Güneş, H. Y., 1996, Harran Ovası koşullarında standart ve ümitvar pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinde odun ve meyve dallarında oluşan kozaların, koza ve lif özellikleri yönünden karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 80.
- Gürel, A., Akdemir, H., Emiroğlu, Ş. H., Kadioğlu, H., Karadayı, H. B., 2000. Türkiye Lif Bitkileri, Tarım Haftası 2000 Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi (17-21 Ocak). Milli Kütüphane, Ankara.
- Hussein, F., Janat, M. ve Yakoub, A., 2011, Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(6), 611-621.
- İrget, M., 2018, Farklı Orijinli pamuk genotiplerinin tarımsal, teknolojik ve Verticillium solgunluğu hastalığına dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 77.
- İsotcu, Ç., 2016, Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) F3: 5 generasyonunda tam ve kısıtlı sulama koşullarında verim unsurları ve lif kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Aydın, 133.
- Karademir, Ç., Karademir, E., Gençer, O., 2011. Yield and fiber quality of F1 and F2 generations of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under drought stress conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 17 (6): 795-805 pp.
- Karademir, Ç., Karademir, E., Ekinci, R., Berekatoğlu, K., 2011. Yield and fiber quality properties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under water stress and non-stress conditions. African Journal of Biotechnology. 10 (59), 12575-12583.
- Kılınç, Y., E., 2020. Su kısıtının farklı pamuk genotiplerinin verim ve lif kalite özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Hatay, 51.
- Kothari, N., Hague, S., Hinze, L., Dever, J., 2017. Boll sampling protocols and their impact on measurements of cotton fiber quality. Industrial Crops & Products, 109: 248–254.
- Köken, İ., 2017, Ege Bölgesine uygun pamuk çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 58.
- Mert M., 2017. Lif Bitkileri. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. No.1734, 422 S.
- Mert, M., 2006, Irrigation of cotton cultivars improves seed cotton yield, yield components and fibre properties in the Hatay region, Türkiye, Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant, 2005; 55: (44-50).
- Mert, M., 2007. Pamuk Tarımının Temelleri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik Yayınlar Dizisi No:7, pp.5-108, Ankara.
- Ören, Y., 2007. Farklı Zamanlarda Uygulanan Hüyük Asit ve Çinko (Zn) Uygulamasının Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Verim, Verim Komponentleri ve Lif Kalite Özellikleri Üzerine Olan Etkisinin Saptanması. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 64 S. Aydın.
- Özdemir, Y. ve Dağdelen, N., 2015, Aydın bölgesinde pamukta topraküstü ve toprakaltı damla sulama uygulamalarının irdelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(2), 15-24.
- Papastylianou, P. T. ve Argyrokastritis, I. G., 2014, Effect of limited drip irrigation regime on yield, yield components, and fiber quality of cotton under Mediterranean conditions, Agricultural water management, 142, 127-134.
- Rady, M.M., Abd, El-Mageed, TA, Abdurrahman, H.A., Mahdi, A.H., 2016. Humic Acid Application Improves Field Performance of Cotton (*Gossypium barbadense* L.) Under Saline Conditions. The Journal of Animal & Plant Sciences, 26 (2): 487-493.
- Peynircioğlu, C., 2014, Kuraklık stresine dayanıklı pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşit ıslahında kullanılacak

- pamuk genotiplerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın, 86.
- Satış, S., 2021, Harran ovası koşullarında damla sulama yöntemiyle sulanan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) İçin uygun sulama aralığı ve sulama suyu miktarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 47.
- Tarhan, M., 2017, Humik asidin farklı uygulamalarının pamukta verim besin maddesi alınımı ve lif kalite özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Siirt, 100.
- Tarhan, M., Karademir, E., 2019. Hüyük Asidin Farklı Uygulamalarının Pamukta Bitki Besin Maddesi Alınımı, Klorofil İçeriği ve NDVI Değerine Etkisinin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 23(2):284-292.
- Temiz, M., Karahan, E., Koca, Y.K., 2009. Effects of Humic Substances on Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Asian Journal of Chemistry, 21 (3): 1983-1989.
- Tunalı, S. P., Gürbüz, T., Akçay, S. ve Dağdelen, N., 2019, Aydın koşullarında pamuk çeşitlerinde su stresinin verim bileşenleri ile lif kalite özellikleri üzerine etkileri, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1), 161-168.
- Tümer, H.T., 2010. Çırcırlama Yöntemlerinin Pamuk Kalitesi Üzerine Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Tüne, C., 2016, Farklı sulama yönetim sistemi koşullarında pamuk bitkisinde su stresinin kızılötesi termal görüntüler kullanarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan menderes üniversitesi fen bilimleri enstitüsü tarımsal yapılar ve sulama anabilim dalı, Aydın, 72.
- Tüzel, H. ve M.A. Ul, (2003), Pamuk Sulaması, Pamukta Eğitim Semineri, 14-17 Ekim 2003, İzmir, s. 83-92.
- Uzel, N., 2019, Kuru ve sulu yetiştirme koşullarında bazı pamuk çeşitlerinin tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Hatay, 51.
- Ünlü, M., Kanber, R., Koç, D. L., Tekin, S. ve Kapur, B., 2011, Effects of deficit irrigation on the yield and yield components of drip irrigated cotton in a mediterranean environment, Agricultural water management, 98 (4), 597-605.
- Witt, T.W., Ulloa, M., Schwartz, R. C., Ritchie, G. L., 2020. Response to deficit irrigation of morphological, yield and fiber quality traits of upland (*Gossypium hirsutum* L.) and Pima (*G. barbadense* L.) cotton in the Texas High Plains. Field Crops Research, 249 (107759) <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107759>.
- Yaşa, S., 2022, Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) su stresi koşullarında verim ve lif kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana, 101.
- Yılmaz, A., Cevheri, C. İ. ve Davut, O., 2023, Yarı kurak iklim şartlarına sahip olan GAP bölgesinde bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinin verim, verim öğeleri ve lif teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 6(1), 41-50.
- Yuka, A., 2014, Harran Ovası koşullarında buğday sonrası ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinin verim ve lif teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 62.

Bazı Tritikale Çeşitlerinin Verim ve Kalite Performanslarının Belirlenmesi

Determination of Yield and Quality Performance of Some Triticale Cultivars

Özet

Bu çalışma uygun tritikale çeşitlerinin belirlenmesi amacıyla, Kırşehir ekolojik koşullarında 2018-2019 yetiştirme sezonunda tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada Alper Bey, Karma 2000, Melez 2001, Presto, Tatlıcak 97 ve Ümran Hanım tritikale çeşitlerinin yaş ve kuru ot verimi, ham protein oran ve verimi, ADF, NDF, sindirilebilir kuru madde oranı ve sindirilebilir kuru madde verimi incelenmiştir. Araştırmada en yüksek yaş ot, kuru ot, ham protein ve sindirilebilir kuru madde verimleri Presto çeşidinden (sırasıyla 2435.0 kg da⁻¹, 865.8 kg da⁻¹, 81.8 kg da⁻¹ ve 542.5 kg da⁻¹), en yüksek ham protein oranı ise Karma 2000 (sırasıyla %10.1) çeşidinden elde edilmiştir. En yüksek ADF ve NDF oranlarını Melez 2001 çeşidi (sırasıyla %37.1 ve % 58.0), en düşük ADF oranını Karma 2000 (%31.7) çeşidi, en düşük NDF oranını ise Presto çeşidi (%51.8) vermiştir. Araştırma sonuçlarına göre yüksek verimli çeşit olan Presto, düşük ADF ve NDF içeriğiyle kalite kriterleri yönünden de öne çıkmaktadır. Kırşehir ve benzer ekolojilerde verim ve kalite özellikleri dikkate alındığında Presto tritikale çeşidinin yetiştiriciliğinin uygun olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Tritikale, Ham protein, ADF, NDF, Sindirilebilir kuru madde verimi

Sorumlu Yazar

Hakan KIR

hakankir@ahievran.edu.tr

 0000-0002-3124-0491

Yazar

Tamer YAVUZ

tamer.yavuz@ahievran.edu.tr

 0000-0002-7374-7899

Gönderilme Tarihi :

23 Ağustos 2024

Kabul Tarihi :

25 Ekim 2024

Abstract

This study was conducted to identify suitable triticale varieties under the ecological conditions of Kırşehir, using a randomized block design with three replications during the 2018-2019 growing season. The research examined the green and dry forage yields, crude protein content and yield, ADF, NDF, digestible dry matter content and digestible dry matter yield of the triticale varieties Alper Bey, Karma 2000, Melez 2001, Presto, Tatlıcak 97, and Ümran Hanım. The highest yields of green forage, dry forage, crude protein, and digestible dry matter were obtained from the Presto variety (2435.0 kg da⁻¹, 865.8 kg da⁻¹, 81.8 kg da⁻¹, 542.5 kg da⁻¹, respectively). The highest crude protein content was found in the Karma 2000 variety (10.1%). The Melez 2001 variety had the highest ADF and NDF values (37.1% and 58.0%, respectively), while the lowest ADF value was observed in Karma 2000 (31.7%) and the lowest NDF value in Presto (51.8%). According to the research results, the high-yielding Presto variety also excels in terms of quality criteria due to its low ADF and NDF content. Considering the yield and quality characteristics in Kırşehir and similar ecologies, it can be said that the cultivation of the Presto triticale variety might be suitable.

Keywords: Triticale, Crude protein, ADF, NDF, Digestible dry matter yield

1. Giriş

Bir buğday ve çavdar melezi olan tritikale, çavdarın ekstrem çevre koşullarına dayanıklılığını genetik olarak tritikaleye taşımak ve buğdaya alternatif bir gıda ürünü olarak düşünülse de son yıllarda kaba yem için alternatif bir bitki konumuna gelmiştir (Baron, Juskiw ve Aljarrah, 2015). Yulaf, arpa, buğday, çavdar ve tritikale gibi tahıllar, genellikle taneleri için yetiştirilmekte ve kurak bölgelerde kuru ot amacıyla kaba yem üretiminde de kullanılmaktadırlar (Çaçan ve Kökten, 2019). Tahılların adaptasyon kabiliyetlerinin yüksek olması, yetiştiriciliğin kolay olması ve tarımının iyi bilinmesi, tarla tarımı içerisinde kaliteli kaba yem üretimi için yetiştirilmelerinde

avantaj sağlamaktadır. Nitekim tritikale, kurağa ve soğuğa dayanıklılığı sayesinde, marjinal alanları buğday, arpa ve yulafa göre daha iyi değerlendirmektedir. Tanesi için yetiştirilmesi yanında hayvan otlatma, silaj ve kuru ot üretimi için yetiştiriciliği de giderek yaygınlaşmaktadır.

Hayvancılık açısından iyi bir yem kaynağı olan tritikalenin, yem kalitesinin çavdar ve buğdaydan daha iyi olması, buğdaydan en az %20 daha fazla kuru ot verimi sağlaması önemini artırmaktadır (Kaplan, Yılmaz ve Kara, 2014; Z Mut, Ayan ve Mut, 2006). Karabulut ve Çaçan (2018) Bingöl koşullarında bazı tahıl türleri ile yaptıkları araştırmada tritikalenin yaş ot, kuru ot ve ham protein verimi bakımında öne çıktığını ifade etmişlerdir. Lermi ve Palta (2018), Bartın koşullarında Karma 2000, Melez 2001, Presto, Tatlıcak 97 ve Mikham 2002 çeşitleri ile yaptıkları çalışmadan en yüksek yaş ve kuru ot ile ham protein verimini Presto çeşidinden elde etmişlerdir. Önal ve Eğritaş (2017) Tatlıcak 97 çeşidinin iki yıllık ortalama; kuru ot verimini 532.2 kg da⁻¹, ham protein oranını % 11.7, ham protein verimini 58.6 kg da⁻¹, ADF oranını % 37.4 ve NDF oranını 61.5 kg da⁻¹ belirlemişlerdir.

Türkiye ekolojik koşullarında birçok yem bitkisinin yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Tritikalede, kaba yem açığının azaltılmasında kullanılabilecek alternatif bir yem bitkisi konumundadır. Ancak bölgeye uygun, doğru çeşit seçimi tritikale yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile Kırşehir ekolojik koşullarında yetiştirme potansiyeli olabilecek üretim iznine sahip ve tescilli Tritikale çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, 2018-2019 yetiştirme sezonunda karasal iklimin hüküm sürdüğü Kırşehir ekolojik koşullarında (39° 08' K, 34° 06' D ve 1084 m yükseklik) yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Alper Bey, Karma 2000, Melez 2001, Presto, Tatlıcak 97 ve Ümran Hanım olmak üzere toplam altı adet tritikale çeşidi kullanılmıştır. Alper Bey ve Ümran Hanım çeşitleri özel tohumculuk firmasından,

Karma 2000 ve Presto çeşitleri Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden, Melez 2001 ve Tatlıcak 97 çeşitleri ise Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü toprakların pH'sı 8.1 ile hafif alkali, strüktürü tınlı özellikte, kireç içeriği (%38.21) ve yarıyıllı potasyum içeriği çok fazla (148.5 kg da⁻¹), yarıyıllı fosfor orta düzeyde (6.3 kg da⁻¹), organik maddesi içeriği ile organik maddece düşük (%1.00) özelliktedir (Karaman, 2012). Araştırmanın yürütüldüğü yılda gerçekleşen toplam yağış miktarı ile nispi nem değerleri uzun yıllar ortalamalarından düşük, ortalama sıcaklık değerleri ise uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kırşehir ilinin iklim verileri

Aylar	Yağış (mm)		Nispi Nem, (%)		Sıcaklık (°C)	
	2018-19	UYO	2018-19	UYO	2018-19	UYO
Ekim	41.4	30.4	62.3	62.7	14.4	13.1
Kasım	21.0	41.6	66.8	72.4	8.2	6.3
Aralık	101.1	47.1	81.4	79.0	3.3	2.0
Ocak	42.2	44.3	79.3	79.0	0.8	-0.1
Şubat	42.8	31.6	71.4	74.1	4.2	1.3
Mart	10.2	36.7	56.4	67.2	6.3	5.6
Nisan	29.0	42.4	64.0	63.3	9.7	10.9
Mayıs	17.1	45.6	52.7	61.3	17.5	15.4
Ort/Toplam	304.8	319.6	66.8	69.9	8.1	6.8

* İklim verileri; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Kırşehir Meteoroloji Müdürlüğü alınmıştır. U.Y.O : Uzun Yıllar Ortalaması

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırma materyali tritikale çeşitleri parsellere, 20 cm sıra aralığında, 6 sıra

ve m²'ye 500 tohum (Z Mut vd., 2006) olacak şekilde, markörle açılmış sıralara elle ekilmiştir. Ekimle birlikte 6 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 4 kg da⁻¹ N, kardeşlenme-sapa kalkma döneminde 4 kg da⁻¹ N gübre uygulanmıştır (Aydın, 2009). Tritikale çeşitlerinin ekilişleri Ekim ayının ikinci haftasında, hasat işlemleri ise 25 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bitkiler çiçeklenme dönemindeyken her parsel kenarlarından birer sıra, parsellerin baş ve sonundan 50 cm'lik kısımları kenar tesiri olarak atılmıştır (Göçmen ve Parlak, 2017) ve geriye kalan alan tırpanla biçilerek tartıldıktan sonra dekara yaş ot verimleri hesaplanmıştır. Hasat işlemi sırasında her parselden alınan örnekler 65°C 'de ağırlığı sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve tartılarak kuru madde oranları hesaplanmıştır (Lermi ve Palta, 2018). Tespit edilen kuru madde oranlarıyla yaş ot verimlerinin çarpılması sonucunda kuru ot verimleri belirlenmiştir. Tritikale çeşitlerinin azot içerikleri Kjeldahl metoduyla belirlenmiş ve bu değerler 6.25 katsayısıyla çarpılarak ham protein oranları elde edilmiştir (AOAC, 2005). Kuru ot verimleri elde edilen ham protein oranları ile çarpılması sonucunda ham protein verimleri hesaplanmıştır. Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) içerikleri Van Soest, Robertson ve Lewis (1991) tarafından bildirilen metoda göre ANKOM200 Fiber analiz cihazında yapılmıştır (Anonymous, 2020). Sindirilebilir Kuru Madde Oranı Horrocks ve Valentine (1999), (SKMO =88.9-0.779x%ADF); tarafından ifade edilen eşitliklerden yararlanılarak belirlenmiştir. Sindirilebilir kuru madde oranları kuru ot verimleri ile çarpılarak sindirilebilir kuru madde verimleri hesaplanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, MSTAT-C istatistiki paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve elde edilen veriler arasındaki farklılıklar LSD (Least Significant Difference) testiyle karşılaştırılmıştır (Petersen, 1994).

3.Bulgular ve Tartışma

Araştırmada incelenen verim ve kalite özellikleri bakımından tritikale çeşitleri arasında farklılık ise istatistiksel olarak çok önemli (P≤0.01) bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Bazı tritikale çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri

Çeşit	YOY (kg da ⁻¹)		KOV (kg da ⁻¹)		HPO (%)		HPV (kg da ⁻¹)		ADF (%)		NDF (%)		SKMO (%)		SKMV (kg da ⁻¹)	
Alper Bey	2321.7	b	612.4	de	8.2	c	50.0	c	34.1	bc	56.3	b	62.4	bc	381.8	cd
Karma 2000	2246.8	bc	736.7	bc	10.1	a	74.6	b	31.9	d	54.4	cd	64.1	a	472.1	b
Melez 2001	1939.2	e	576.7	e	7.3	d	42.3	d	37.1	a	58.0	a	60.0	d	346.0	d
Presto	2435.0	a	865.0	a	9.5	b	81.8	a	33.6	c	51.8	e	62.7	b	542.5	a
Tatlıcak 97	2084.2	d	675.0	cd	8.4	c	56.4	c	36.7	a	55.1	c	60.3	d	407.4	c
Ümran Hanım	2179.2	cd	754.2	b	9.6	b	72.4	b	34.6	b	53.8	d	62.0	c	467.1	b
Ortalama	2201.0		703.3		8.9		62.9		34.7		54.9		61.9		436.2	
VK (%)	2.72		5.20		1.76		5.64		1.21		1.06		0.53		5.48	
LSD _(0.05)	108.9**		66.5**		0.3**		6.5**		0.8**		1.1**		0.6**		43.5**	

** : Aynı satır içerisinde benzer harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır. V.K: Varyasyon Katsayısı, LSD: Least Significant Difference, YOY: Yaş Ot Verimi KOV; Kuru Ot Verimi, HPO: Ham Protein Oranı, HPV: Ham Protein Verimi, ADF: Asit Deterjanda Lif, NDF: Nötr Deterjanda Lif, SKMO: Sindirilebilir Kuru Madde Oranı, SKMV: Sindirilebilir Kuru Madde Verimi

Tritikale çeşitlerinin yaş ot verimleri 1939.2-2435.0 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaş ot verimi Presto çeşidinden en düşük ise Melez 2001 çeşidinden elde edilmiştir (Tablo 2). Farklı ekolojiklerde tritikale ile yürütülen çalışmalarda 947 ile 4776 kg da⁻¹ arasında yaş ot verimi kaydedilmiştir (Aydın, 2009; Kaplan vd., 2014; Lermi ve Palta, 2018). Sonuçlar arasında kaydedilen bu farklılık araştırmaların yürütüldüğü yörelerin ekolojik farklılığına ve genotip farklılığından kaynaklanabilir (Aydın, 2009; Özer ve Mülayim, 2007) Bitki yetiştirme koşullarının iyi olduğu yerlerde yüksek verim beklenirken, kısıtlı çevrelerde düşük verim değerlerinin elde edilmesi beklenen bir sonuçtur. Diğer yandan farklı ekolojilerde farklı genotiplerin daha yüksek verimli olması konu olan genotipin çevreye tepkisi ile ilgili bir durumdur. Çünkü bitkilerde verim genetik yapı artı çevrenin bir ürünüdür (Kızılgöçü, Akıncı, Albayrak ve Yıldırım, 2017; Zeki Mut, Köse ve Özge, 2018). Nitekim Kaplan vd. (2014) yaptığı çalışmada Kahramanmaraş koşullarında en yüksek yaş ot verimine ulaşan Melez çeşidi, bu çalışmada diğer çeşitlerin gerisinde kalmıştır.

Kuru ot verimleri bakımından tritikale çeşitleri içinde Melez 2001 en düşük (576.7 kg da⁻¹), Presto çeşidi ise en yüksek (865.0 kg da⁻¹) verimin elde edildiği çeşitler olmuştur (Tablo 2). Yüksek yaş ot verimi değerlerinin elde edildiği Presto çeşidinden doğal olarak da yüksek kuru ot verimi elde edilmiştir. Kuru ot verimleri yaş ot verimleri üzerinden hesaplandığından, yaş ot verimi bakımından yüksek verim

değerlerine ulaşan çeşitlerden kuru ot veriminde de yüksek değerler vermesi beklenen bir durumdur (Karabulut ve Çaçan, 2018). Araştırmacılar, tritikale hat ve çeşitlerin kuru ot verimlerini ile ilgili yapılan çalışmalarda 340.3-1431.1 kg da⁻¹ arasında kuru ot verimi belirlemişlerdir (Aydın, 2009; Kaplan vd., 2014; Kılıçalp, Özkurt ve Karadağ, 2020; Lermi ve Palta, 2018). Araştırmalara arasındaki bu farklıklar, farklı iklim ve toprak özellikleri sahip yerlerde yürütülmesi (Çaçan ve Kökten, 2019), araştırmalarda farklı hat ve çeşitlerin kullanılması ile bunların farklı ekolojik koşullar altındaki farklı genotip çevre interaksiyonları göstermelerinden kaynaklanabilir (Albayrak, Mut ve Töngel, 2006). Nitekim Melez 2001 çeşidinden Bingöl koşullarında yüksek (Kaplan, Kökten, Akçura, Bakoğlu ve Kavurmacı, 2011), Bartın ekolojik koşullarında ise düşük kuru ot verimi elde edilmiştir (Lermi ve Palta, 2018)

Araştırmada, ham protein oranları % 7.3-10.1 arasında değişmiştir. En düşük ham protein oranı Melez 2001, en yüksek ham protein oranı ise Karma 2000 çeşidinden elde edilmiştir (Tablo 2). Yemlerin kalitesinin değerlendirilmesinde ham protein oranı önemli bir göstergedir (Assefa ve Ledin, 2001; Çaçan ve Kökten, 2019). Nitekim Şenel (1986) ham protein oranının yem rasyonlarında en az % 6 oranında olması gerektiğini ifade etmiştir. Genotiplerin yıllara ve çevreye göre farklılık göstermesi nedeniyle genotip-çevre interaksiyonu verdiği tepkiler açısından uygun çeşitlerin seçimi son derece önemlidir (Akgün ve Altındal, 2011).

Farklı araştırmacılar aralarında Tatlıcak 97, Melez 2001, Karma 2000 ve Presto çeşitlerinde olduğu çalışmalarda ham protein oranlarını %6.9-11.0 aralığında belirlemişlerdir (Kaplan vd., 2011; Lermi ve Palta, 2018). Farklı ekolojilerde farklı ham protein oranının elde edilmesi bitkinin genetik potansiyeli yanında, sulama gübreleme gibi kültürel faktörlerle; iklim, sıcaklık gibi çevresel faktörler tarafından da etkilenmektedir (Kaplan vd., 2014).

Tritikale çeşitlerinin ham protein verimleri değerleri 42.3-81.8 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiş ve en düşük ham protein verimi Melez 2001, en yüksek ham protein verimi ise Presto çeşidinden elde edilmiştir (Tablo 2). Ham protein verimleri ham protein oranı ve kuru ot verimleri üzerinden hesaplandığından, ham protein oranı ve kuru ot verimindeki değişimler ham protein verimini doğrudan etkilemiştir (Karabulut ve Çağan, 2018; Lermi ve Palta, 2018). Nitekim ham protein oranının ve kuru ot verimi yüksek olan çeşitlerin ham protein verimleri de yüksek olmuştur. Farklı ekolojilerde tritikale ile yürütülen çalışmalarda 76 ile 163.3 kg da⁻¹ arasında ham protein verimi belirlenmiştir (Çağan ve Kökten, 2019; Kaplan vd., 2011). Çalışmalar arasındaki farklılıklar genotip ve ekolojik olması (Bulut ve Başaran, 2023) yanında farklı yetiştirme tekniklerinden de kaynaklanabilir

Araştırma materyalinin ADF oranları % 30.2-34.8 arasında değişim göstermiş ve Melez 2001 çeşidiyle birlikte Tatlıcak 97 çeşidi yüksek ADF oranının elde edildiği istatistiki grubu oluştururken, Karma 2000 çeşidi de en düşük ADF oranının elde edildiği çeşit olmuştur (Tablo 2). Kaba yemlerde ADF ve NDF değerleri önemli kalite göstergelerindedir (Assefa ve Ledin, 2001). Hücre duvarı yapısındaki selüloz ve ligninden oluşan ADF, kaba yemin sindirilebildiğinin en önemli göstergelerinden biridir (Yavuz, 2005). Kutlu (2010)'ya göre de düşük ADF oranına sahip kaba yemlerin sindirilebilirliği daha yüksektir. Farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda ADF oranının % 31.73-45.2 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kaplan vd., 2011; Önal ve Eğritaş, 2017) Bitkilerin gelişimi çevre x genotip faktörleri yanında tarımsal uygulamalar ve hasat zamanından etkilenmesi sonucunda, çeşitler farklı ekolojilerde farklı sonuçların alınmasına sebep olmuştur (Bulut ve Başaran, 2023)

Araştırmada kullanılan çeşitlerin NDF oranları % 51.8-58.0 arasında değişim göstermiş, Presto çeşidinden en düşük, Melez 2001 çeşidinden ise en yüksek NDF oranın elde edilmiştir (Tablo 2). Hücre duvarının tamamında yer alan NDF, selüloz, hemiselüloz, lignin, kütin ve çözünmeyen proteinden oluşmaktadır (Yavuz, 2005). NDF değeri kaba yemlerin hayvanlar tarafından tüketimi ile yakından ilgilidir. Kaba yemlerdeki NDF oranı azaldıkça, hayvanların kaba yem tüketimi artmaktadır (Zeki Mut vd., 2018; Van Soest vd., 1991). Farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda NDF oranının %40.1-61.5 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Ortaya çıkan bu farklılık yörenin iklim ve toprak özelliklerine göre değişebileceği (Çağan ve Kökten, 2019) gibi, yetiştirme tekniği (Aydın, 2009; Emel ve Mülayim, 2007), biçim zamanına (Köse, Mut ve Kardeğ, 2019; Tan ve Serin, 1997) ve genotipe (Albayrak vd., 2006; Bulut ve Başaran, 2023) göre de değişebilir. Nitekim bu çalışmada ele alınan genotipler arasında NDF oranı yönünden kaydedilen farklılıklar genetik yapıdaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Araştırmada kullanılan tritikale çeşitlerinin sindirilebilir kuru madde oranları % 60.0-64.1 arasında değişik göstermiş, Melez 2001 en düşük, Karma 2000 ise en yüksek SKM oranının elde edildiği çeşitler olmuşlardır. ADF oranlarının faydalanılarak hesaplanan SKM ile ADF oranları arasındaki ters orantı tritikale çeşitlerinde de görülmektedir. En düşük ADF oranına sahip olan Karma 2000 çeşidi en yüksek SKM oranına sahip olmuştur. Diğer yandan ADF oranları bakımından yüksek istatistiki grubu oluşturan Ümran Hanım, Melez 2001 çeşitlerinin SKM oranları bakımından düşük istatistiki grubu oluşturdukları görülmektedir (Tablo 2). Nitekim Çeri ve Acar (2019); Kjos (1990)'a göre de kaba yemlerde yüksek sindirilebilirlik düşük ADF oranıyla ilişkilidir. Farklı ekolojilerde tritikale ile yürütülen çalışmalarda % 54.14-66.48 arasında sindirilebilir kuru madde oranları tespit edilmiştir (Kaplan vd., 2011; Karabulut ve Çağan, 2018; Kiliçalp vd., 2020; Kır, 2014). Araştırmalara arasındaki bu farklılıklar, farklı toprak ve iklim koşulların yanında genotiplerden kaynaklandığı söylenebilir (Aydın, 2009).

Sindirilebilir kuru madde verimleri 346.0-542.5 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Sindirilebilir kuru madde

verimi bakımından, Melez 2001 en düşük, Presto ise en değerlerin elde edildiği çeşitler olmuşturlardır (Tablo 2). Kuru ot verimi bakımından en yüksek verimin elde edildiği Presto çeşidi, SKM oranı bakımından da yüksek değere sahip olması sonucunda, SKM verimi bakımından da en yüksek verimin elde edildiği çeşit olmuştur (Tablo 5). Farklı tarımsal uygulamalar (Kır, 2014), genotip (Aydın, 2009), iklim ve yıl (Dilyaver ve Uzun, 2021) gibi faktörler doğrudan verimi ve verim bileşenlerini etkilemektedir. Nitekim farklı araştırmacılar Tatlıcak 97 çeşidinden; Tokat koşullarından 422.3 kg da⁻¹ (Kılıçalp vd., 2020), Ordu ekolojik koşullarında 269.5 kg da⁻¹ (Önal ve Eğritaş, 2017), Kırşehir koşullarında 302.9 kg da⁻¹ (Kır, 2014) sindirilebilir kuru madde verimi elde etmişlerdir. Bu durum aynı çeşidin farklı ekolojik koşullara karşı adaptasyon kabiliyetindeki farklılıktan kaynaklanmış da olabilir (Kır, 2014; Lermi ve Palta, 2018) .

4.Sonuç

Tritikalenin hayvan beslemede öneminin anlaşılmasıyla birlikte gerek yalın yetiştiriciliği gerekse baklagillerle karışık ekimi yaygınlaşmaktadır. Kırşehir ili ve benzer ekolojilerde bölgeye uygun, verimli ve kaliteli tritikale çeşitlerin kullanılması, kaliteli kaba yem sorununun çözümüne katkı sağlayacaktır. Yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda yüksek verimli çeşit olan Presto çeşidi, yem kalitesi için çok önemli olan yüksek ham protein oranı ve sindirilebilirlikle birlikte düşük ADF ve NDF oranlarına sahip olmuştur. Kırşehir ve benzer ekolojilerde Presto çeşidinin kaliteli kaba yem üretimi açısından uygun çeşit olabileceği ancak çalışmanın bir yıl daha uzatılmasının öneri açısından yerinde olacağı söylenebilir.

Kaynaklar

Akgün, İ. & Altındal, D. 2011. Bazı Tritikale Genotiplerinde Tane Verimi ve Stabilitate Analizi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 7-14.

Albayrak, S., Mut, Z. & Töngel, Ö. 2006. Tritikale (*xTriticosecale Wittmack*) Hatlarında Kuru Ot ve Tohum Verimi ile Bazı Tarımsal Özellikler. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 13-21.

Anonymous. 2020. Analytical Methods Fiber Analyzer A200. Erişim adresi: www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200

AOAC. 2005. *Official methods of analysis of AOAC International*: AOAC International.

Assefa, G. & Ledin, I. 2001. Effect of variety, soil type and fertiliser on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Animal feed science and technology*, 92(1-2), 95-111.

Aydın, A. 2009. Diyarbakır Kuru Koşullarında Bazı Tescilli Tritikale (*xTriticosecale Wittmack*) Çeşitlerinin Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(2), 61-70.

Baron, V. S., Juskiw, P. E. & Aljarrah, M. 2015. *Triticale As a Forage Triticale* (s. 189-212): Springer.

Bulut, B. & Başaran, U. 2023. Çavdarın Yem Bitkisi Olarak Arpa ve Tritikale İle Karşılaştırılması; Ot Verimi ve Kalitesinin Biçim Dönemine Bağlı Değişimi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 35-49.

Çaçan, E. & Kökten, K. 2019. Tahıl Türlerinin Kaba Yem Olarak Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 101-110. doi:10.20289/zfdergi.459694

Çeri, S. & Acar, R. 2019. Serin iklim tahıllarının hayvan beslemede yeşil ve kuru ot olarak kullanımı. *Babri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(1), 178-194.

Dilyaver, S., H & Uzun, A. 2021. Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tane Verimi ve Bazı Kalite Özellikleri. 33. doi:<https://dergipark.org.tr/en/pub/bursauludagziraat/600030>

Emel, Ö. & Mülâyim, M. 2007. Konya Yöresinde Farklı Ekim Zamani ve Ekim Sıklıklarında Yetiştirilen Tritikale (*xTritico-secale* Witt.) Genotiplerinde Ot Verimi ve Bazı Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi-I. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 21(43), 98-105.

Göçmen, N. & Parlak, A. Ö. 2017. Yem Bezelyesi İle Arpa, Yulaf ve Tritikale Karışım Oranlarının Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 119-124.

- Horrocks, R. D. & Valentine, J. F. 1999. *Harvested Forages*: Academic Press.
- Kaplan, M., Kökten, K., Akçura, M., Bakoğlu, A. & Kavurmacı, Z. 2011. *Bazı Triticale Çeşit ve Hatlarının Ot Verimleri ve Ot Kaliteleri Üzerine Araştırma*. IX. Tarla Bitkileri Kongresi, Bursa, Ocak-2011.
- Kaplan, M., Yılmaz, M. F. & Kara, R. 2014. Variation in Hay Yield and Quality of New Triticale Lines. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 50. doi:10.15832/tbd.24602
- Karabulut, D. & Çağan, E. 2018. Farklı Zamanlarda Ekilen Bazı Tahıl Türlerinin Ot Verimi ve Kalitesi Bakımından Karşılaştırılması. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33(2).
- Karaman, M. 2012. Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi:2. Editör: Zengin, M., Toprak ve Bitki Analiz Sonuçlarının Yorumlanmasında Temel İlkeler (Bölüm 12), s. 874.
- Kılıçalp, N., Özkurt, M. & Karadağ, Y. 2020. Farklı Tohum Oranlarında Ekilen Macar Fiği (*Vicia Pannonica Crantz.*) ve Triticale (*Xtriticosecale Wittmack*) Yem Değeri ve Rumende Parçalanabilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 553-562. doi:10.29133/yyutbd.702354
- Kır, H. 2014. *Kırşehir koşullarında farklı biçim zamanları ve karışım oranlarının Macar fiği + tahıl karışımlarının verim ve kalitesi üzerine etkileri*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi,
- Kızılgöçü, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö. & Yıldırım, M. 2017. Triticale hatlarında bazı fizyolojik parametrelerin verim ve kalite özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(1), 337-344.
- Kjos, N. 1990. Evaluation Of The Feeding Value of Fresh Forages, Silage And Hay Using Near Infrared Reflectance Analysis (NIR). I. A Comparison of Different Methods For Predicting The Nutritive Value. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 305-320.
- Köse, Ö. D. E., Mut, Z. & Kardeç, Y. M. 2019. Farklı Ekim Sıklıklarının Çavdarda Ot Verimi Ve Kalitesine Etkisi.
- Kutlu, H. 2010. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Ders Notu, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Adana, <http://www.zootečni.org.tr/upload/File/sunular/tm.pdf> (Erişim tarihi: 03.07.2024).
- Lermi, A. G. & Palta, Ş. 2018. Bartın Koşullarında Triticale Çeşitlerinin Yem Verim Potansiyellerinin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 563-568.
- Mut, Z., Ayan, I. & Mut, H. 2006. Evaluation of Forage Yield And Quality At Two Phenological Stages of Triticale Genotypes and Other Cereals Grown under Rainfed Conditions. *Bangladesh Journal of Botany*, 35(1), 45-53. Erişim adresi: <Go to ISI>://WOS:000238590700007
- Mut, Z., Köse, E. & Özge, D. 2018. Triticale Genotiplerinin Tane Verimi ve Bazı Kalite Özellikleri. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 47-57. doi:10.7161/omuanajas.336108
- Önal, A., Ö & Eğritaş, Ö. 2017. Yaygın Fiğ-Tahıl Karışımlarında Ot Verimi, Bazı Kalite Özellikleri ve Rekabetin Belirlenmesi. *Determination of Forage Yield, Some Quality Properties and Competition in Common Vetch-Cereal Mixtures.*, 23(2), 242-252. Erişim adresi: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=123383474&lang=tr&site=eds-live&authtype=uid>
- Özer, E. & Mülayim, M. 2007. Konya Yöresinde Farklı Ekim Zamanı ve Ekim Sıklıklarında Yetiştirilen Triticale (*Xtriticosecale witt.*) Genotiplerinde Ot Verimi ve Bazı Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi-I. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(43), 98-105.
- Şenel, S. 1986. Hayvan Besleme. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, İstanbul(3210).
- Tan, M. & Serin, Y. 1997. Kaba Yem Olarak Kullanılan Tahılların Besleme Değerine Yaklaşımlar. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 28(1).
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods For Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, And Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci*, 74(10), 3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Yavuz, M. 2005. Detergent Fiber System. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 22(1), 93-96.

Erozyon Tehdidi Altındaki Doğal Bir Merada Arıtma Çamurunun Ot Verimine Etkisi

Effect of Sewage Sludge on Herbage Yield in a Natural Pasture under Threatened by Erosion

Özet

Uluslararası çevre kurallarına göre Konya ekolojik şartlarında erozyonun hâkim olduğu Karapınar merasında yapılan araştırmada, atıksu arıtma çamurunun ot verimine etkisi pozitif olmuştur. Ancak projenin ağır metal değerleri ve risk faktörü dikkate alındığında tavsiye edilen arıtma çamuru dozu üç yılda bir kullanılmak şartı ile dekara 1 ton (kuru madde) olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada, merada arıtma çamurunun uygulanmadığı (2014 yılı) verilerine göre yeşil ot verimi ortalaması 241.2 kg/da, kuru ot verimi ortalaması 117.2 kg/da olarak bulunmuştur. Merada toprakta ve bitkide ağır metal sınır değerleri ve zenginleşme faktörü dikkate alınarak tavsiye edilen doz, her üç yılda bir olmak üzere, D uygulamasında D1 dozunun (1 ton/da KM) uygulandığı parsellerde genel ortalama (2014-2017 yılları) itibari ile yeşil ot verimi D1 dozu için 406 kg/da, gölgede kurutulmuş kuru ot verimlerinde ise 200 kg/da olarak hesaplanmıştır. Önerilen her üç yılda bir olmak üzere, D1 dozunda (1 ton/da KM), merada yeşil ot veriminde ortalama olarak %68.32, kuru ot veriminde ise, %70.64 artış olduğu görülmüştür. Erozyonun aktif olduğu bozulmuş merada bu doz ve uygulamanın etkisi olumlu olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, mera, kuru ot verimi, erozyon


Sorumlu Yazar

Ramazan ACAR

racar@selcuk.edu.tr  0000-0002-3347-6537


Yazar

Osman MÜCEVHER

osman.mucevher@tarimorman.gov.tr  0000-0002-7709-2922

Yazar

Mehtap ÖZTEKİN

oztekinmehtap@yahoo.com  0000-0001-9755-5499

Yazar

Şükrü DURSUN

sdursun@selcuk.edu.tr  0000-0001-9502-1178

Yazar

Ayşen AKAY

aakay@selcuk.edu.tr  0000-0002-2541-0167

Yazar

Salih BİTĞİ

salihbitgi@hotmail.com  0009-0006-7459-1028

Yazar

Serap ULUTAŞ

serapulutas@dsi.gov.tr  0009-0005-5820-6604

Yazar

Serdar KOYUNCU

serdar.koyuncu@konya.bel.tr  0000-0002-4757-4680

Gönderilme Tarihi :

29 Ağustos 2024

Kabul Tarihi :

06 Aralık 2024

Abstract

In the research conducted in the Karapınar pasture, where erosion prevails in Konya ecological conditions according to international environmental rules, the effect of wastewater treatment sludge on grass yield was positive. However, considering the heavy metal values and risk factor of the project, the recommended treatment sludge dose is stated as 1 ton (dry matter) per decare, to be used every three years. In this study, according to the data (2014) where treatment sludge was not applied in the pasture, the average fresh grass yield was found to be 241.2 kg/da and the average dry grass yield was 117.2 kg/da. The recommended dose, taking into account the heavy metal limit values and enrichment factor in the soil and plants in the pasture, is applied every three years, and the green grass yield as of the general average (2014-2017) in the parcels where the D1 dose (1 ton/da DM) is applied in the D application. It was calculated as 406 kg/da for D1 dose and 200 kg/da for shade dried hay yield. At the recommended dose of D1 (1 ton/da DM), every three years, it was observed that there was an average increase of 68.32% in fresh grass yield in the pasture and 70.64% increase in dry grass yield. The effect of this dose and application was found to be positive in degraded pasture where erosion is active.

KeyWords: Sewage sludge, pasture, hay yields, erosion

1.Giriş

Meralar; hayvancılık açısından önemli olup, rüzgâr ve su erozyonu ile toprak kaybının önlenmesi ve ülke ekonomisine kazandırılması açısından büyük yarar sağlamaktadırlar. Bunun için mera ıslahı dahil gerekli planların uygulanması ve yasal düzenlemeler yapılmalıdır (Çepel, 2008). Orman ve diğer ekosistemlerle karşılaştırıldığında, otlakların ekolojik durumu hakkında nispeten daha az bilgi bilinmektedir. Küresel toprak sağlığındaki kriz, dünyada doğal ve yarı doğal otlakların yönetimleriyle de yakından ilgilidir. Doğal ve yarı doğal otlakların hem yok edilmesi hemde oluşturulması, bileşimleri, yenilenmeleri insan yönetiminden büyük ölçüde etkilenmiştir (Johnson vd., 2017). Arıtma çamurları ulusal ve uluslararası standartlara uygun, kontrollü ve bilinçli bir şekilde kullanıldıkları takdirde faydalı

kısımdan toprak iyileştirme açısından biyokatı (gübre) toprağın organik madde bakımından zenginleştirilmesini sağlamaktır. Organik madde, suyu tutma gücü yüksek olduğundan erozyon önlemede önem arz etmektedir (Eyce, 1995). Organik madde; kumlu ve tınlı toprakta alınabilir su miktarını arttırmaktadır. Ayrıca organik madde ilavesi sonucu oluşan granüler toprak, sıkı ve su geçirmez toprağa göre bitkilere daha fazla su sağlar (Brohi vd., 1997). Gübreleme veya toprakta organik maddeyi arttırmak için farklı yöntemlerle özel alanlarda iyi bir kontrol ile arıtma çamurunun (biyokatı) da kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bunun kurutulup işleminden geçmesi gerektiği, sağlık ve çevre açısından önemi unutulmamalıdır. Biyokatıların gübre olarak kullanılmasındaki başlıca değerler, buradaki besin maddelerinden yavaş alınabilir azot ve fosfordan ileri geldiği ifade edilmiştir (Ignatieff ve Page, 1965). Hakerler (1980), arıtma çamurunun (biyokatı) içeriği bölgeden bölgeye ve arıtma biçimine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle organik madde, azot ve fosforca zengin olduğu ve kontrollü olarak toprağa verilebileceğini bildirmiştir. Biyokatılar, ciddi bir şekilde zarar görmüş marjinal alanlarda toprağın yeniden üretken bir hale dönüştürülmesini sağlamak veya toprak erozyonunu engellemek üzere bitki örtüsü oluşturmak için kullanılmaktadır. Erozyonla oluşan toprak kayıpları uygulanan biyokatı miktarı arttıkça azalmaktadır. Bu etki biyokatının su tutması ve yüzey pürüzlülüğü oluşturmasının yanı sıra toprak agregasyonuna ve infiltrasyonuna olan olumlu etkisi ile açıklanmaktadır (Bilgin ve ark, 2002). Kumlu topraklarda ise bu malzemeler su tutma kapasitesini artırırken diğer taraftan da besin maddesi değişimine ve tutulmasına olanak sağlarlar. Ayrıca biyokatılar toprak mikroorganizmalarının sayısını ve etkinliklerini arttırırlar (EPA, 1994). Özellikle erozyon ile bozulmuş meralarda bitki örtüsü tesisinde ve mera bitki örtüsünün verimliliği üzerinde olumlu etkide bulunduğu, ancak bunun çevreyi tahrip etmeyecek şekilde ve ölçüde kullanılması gerektiği de belirtilmiştir (Altın vd., 2005; Altın vd., 2011). Kurak, karasal iklim bölgelerindeki ot topluluklarına genelde step formasyonu adı verilir. Ülkemizde gerçek step sahaları İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'da yer alır (Günel, 2013). Buralarda mera toprağının fakirleşmesi sebebiyle botanik kompozisyon değişmekte ve bu şartlara uyum sağlayan düşük kaliteli verimsiz türler vejetasyonda yer almaktadır.

Bu yerlerde toprağın nemli olması ve toprak altına uygulanan gübrelemeden dolayı daha fazla yem üretildiği belirtilmiştir (Tan, 1989). Yıllık yağışın 250 mm'den aşağı olduğu Karapınar ve civarında kuraklık ve iklim değişikliğine bağlı vejetasyondaki değişiklik ve yok oluş daha belirgin kendini hissettirecektir. Bu anlamda gelecekte ülkemizde erozyon kontrolü ve suyun toprakta muhafaza edilmesi üzerinde durulması gereken önemli konulardan birisi olacaktır (Acar ve Mülayim, 2008). Bu çalışma, Karapınar-Konya ekolojik şartlarında erozyon tehdidi altındaki bir doğal merada, farklı arıtma çamuru dozları (0, 1, 2, 4 ve 8 ton/daKM) ve uygulama şekillerinin (toprak yüzeyine serpm ve toprağın 0-5 cm'lik tabakasına tırmıkla karıştırma) ot verimine etkisini araştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

Materyal

Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi arazisi dışı veerozyona uğramış, zayıf, kırılğan yapılı

bozunmuş Yenice Mera arazisinde etrafı tel çitlerle çevrilerek deneme yeri kurulmuştur. Bölgenin iklimi yarı-kurak karasal olarak tanımlanır ve yazları kurak ve sıcak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Kar yağışının büyük bir kısmı ocak ve şubat aylarında meydana gelmektedir. Ortalama yağış 275 mm'dir ve yağışın %40'ı kış aylarında olmaktadır. Temmuz ayından eylül ayına kadar olan yağış, ortalama 15 mm'dir (Şimşekli, 2012). Proje sahasında yaz aylarındaki yüksek sıcaklık, yıl boyunca toprak profilindeki düşük nem topraktaki organik madde miktarının azalmasına ve sonuçta toprakların fiziksel ve kimyasal kalitesine olumsuz etki etmektedir (Bot ve Benites, 2005). Sıcaklık farkı nedeniyle vejetasyonda oluşan azalmalar toprağa olan organik madde döngüsünün azalması nedeniyle bozunum, çölleşme ve sonuçta rüzgâr erozyonunu artırıcı rol oynamaktadır. Yağışların yıl içerisinde dağılışı ve miktarının, toprak nemi, bitki verimliliği ve toprak organik madde miktarı açısından önemi büyüktür. Araştırma yerinin 5 yıllık aylık toplam yağış, ortalama sıcaklık, nispi nem ve rüzgâr hızı verilerine ait değerleri ise aşağıda verilmiştir (Tablo 1, 2, 3, 4) (MGM, 2018).

Tablo 1. Karapınar aylık toplam yağış verileri

Aylık toplam yağış (mm) (2013-2017)													
Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam (mm)
2013	21.2	43.4	9.4	57.4	33.4	24.4	2.4	0.6	12.8	15.2	12	7.6	239.8
2014	40.4	18.4	47.2	3.2	18.4	26	0	9.8	17.2	48.2	33.8	29.8	292.4
2015	13.2	24.9	45.4	16.6	28	46.4	0	5.2	0.8	3.6	1.6	0.6	186.3
2016	25.8	0.4	28	4.6	27.6	19.2	0.4	0.2	20.6	0.2	13	100.0	240.0
2017	12.2	2.2	11.8	39.8	33	15.6	0	29.4	0	26	63.8	15.8	249.6
Ortalama	31.8	24.3	26.4	25.5	28.1	23.4	6.4	5.6	9.1	24.0	23.2	42.1	270.5

Tablo 2. Karapınar aylık ortalama sıcaklık verileri

Aylık ortalama sıcaklık (°C) (2013-2017)													
Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
2013	2.1	5.3	7.5	11.4	17.7	20.7	22.3	22.1	17.1	8.8	7.6	-3.8	
2014	2.5	4.0	7.8	13.3	16.6	20.0	24.5	24.5	18.9	12.2	5.3	5.5	

2015	0.8	2.9	6.8	8.9	16.1	18.8	22.9	24.1	21.3	14.1	6.6	-1.9
2016	0.0	6.5	7.7	14.2	16.0	21.8	24.0	24.4	17.5	13.1	5.0	-2.3
2017	-3.3	0.0	6.8	10.7	15.5	19.8	24.3	23.4	20.5	11.6	5.7	4.3

Tablo 3. Karapınar aylık ortalama nispi nem verileri

Aylık ortalama nispi nem (%) (2013-2017)												
Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2013	77.0	69.9	58.8	64.1	51.3	41.9	38.5	37.6	44.4	58.4	67.9	81.8
2014	79.7	63.9	60.0	46.2	50.6	47.8	37.0	39.1	52.9	67.8	73.0	79.7
2015	78.6	73.0	67.5	59.5	53.4	61.6	40.9	44.6	41.0	64.2	61.2	81.7
2016	75.4	65.1	54.7	42.1	55.6	44.7	36.7	38.5	48.3	48.5	57.4	82.6
2017	83.2	73.0	64.9	55.0	56.7	55.3	35.7	48.0	35.4	53.1	72.8	70.7

Tablo 4. Karapınar aylık ortalama rüzgâr hızı verileri

Aylık ortalama rüzgâr hızı(m/s) (2013-2017)												
Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2013	2.5	2.1	2.3	1.9	1.7	2.1	2.4	2.1	1.7	1.7	1.2	1.2
2014	1.4	1.6	2.3	2.4	2.2	2.0	2.0	1.9	1.9	1.5	1.3	1.8
2015	2.1	2.3	2.3	2.4	1.9	1.9	2.2	2.0	1.5	1.5	1.6	1.1
2016	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.0	2.4	2.1	1.8	1.5	1.6	1.8
2017	2.1	1.8	2.2	2.1	2.3	1.9	2.3	2.1	1.6	1.8	1.7	2.3

Karapınar yağış verileri (2013-2017 yılları) incelendiğinde, 2016 yılında aralık ayındaki kar yağışı (100 mm)haricinde yıllık toplam yağış 140 mm yağış olduğu görülmektedir. 2016 yılı kar yağışı haricinde oldukça kurak bir yıl olmuştur. Yıllık toplam yağış en fazla 2014 yılı (292.4 mm) akabinde 2017 yılı (249.6 mm) olarak dikkat çekmektedir.

18.11.2013 tarihindemeralardan toprak örnekleri alınmıştır. Arazide deneme yerinin kurulacağı alanın ön etüt arazi tespiti sonucunda, toprak yapısı, bozunmuş mera

olarak, düz ve en uygun yer olarak kumlu tınlı Yenice Merası seçilmiştir (Tablo5). Özellikle arıtma çamurlarının toprakta kullanımı yönetmenliğine uygun bir şekilde kumlu tınlı bir toprak yapısı seçilmiştir. Deneme yeri toprak özelliklerinin toprak reaksiyonun orta alkali, tuzluluk sorunun olmadığı, organik maddece çok az, kireç sınıfı açısından marn kireç toprağı, bitki tarafından alınabilir fosforun yetersiz ve bitki tarafından alınabilir potasyumca yeterli olduğu görülmektedir (Tablo 6).Projenin, 23.05.2014 tarihinde, uygulanacağı alanın etrafının beton tel çit ile çevrilmesi işlemleri gerçekleştirilmiş, parselizasyon çalışması yapılmıştır.

Tablo 5. Deneme alanının toprak örneklerinin bünye sınıflaması

Sn	Mevki	Koordinat	%Kum	%Kil	%Silt	Sınıfı
1	Yenice Merası	N 37.6512304, E 33.4628130	68.45	13.55	18.00	SL

Tablo 6. Deneme alanının toprak özellikleri

Toprak derinlik (cm)	Suyla doygunluk (%)	pH	Elektriksel iletkenlik-EC (dS/m)	Organik madde (%)	Bitki tarafından alınabilir fosfor (mg/kg)	Bitki tarafından alınabilir potasyum (mg/kg)	Kireç-CaCO ₃ (%)
0-5	37.68	7.71	0.25	0.61	9.88	147.65	61.37
5-10	37.48	7.84	0.21	0.49	5.51	133.78	60.73
10-20	38.25	7.80	0.23	0.58	3.71	165.65	58.47

Projede materyal olarak kullanılan susuzlaştırılmış arıtma çamuru, proje ortaklarından olan Konya KOSKİ Genel Müdürlüğü ile de protokol gereği, arıtma çamurunun analizi için 2 adet örnek, 18.08.2014 tarihinde, TÜBİTAK

MAM Çevre Enstitüsü Laboratuvarına gönderilmiştir. Bu örneklerin 14.10.2014 tarihli analiz sonuçları, 03.08.2010 tarihli Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımı Yönetmeliğine uygun olduğu görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7. Arıtma çamuru analiz sonucu (TÜBİTAK MAM ÇE-14.10.2014 tarihli)

T.C. Konya BŞB. KOSKİ Atıksu Arıtma Tesisi 1 ve 2 no arıtma çamur örnekleri analiz sonuçları, sınır değerleri ve analiz yöntemleri				
Parametre / Örnek	Arıtma Çamuru		Sınır Değer	Analiz Yöntemleri
	1 no'lu	2 no'lu		
Kurşun (Pb mg/kg fırın kuru madde)	56.2	47.06	750	EPA 6020 A (ICP-MS)
Kadmiyum (Cd mg/kg)	8.13	8.52	10	
Krom (Cr mg/kg)	500	598	1000	
Bakır (Cu mg/kg)	298	261	1000	
Nikel (Ni mg/kg)	175	165	300	
Çinko (Zn mg/kg)	1735	1534	2500	
Civa (Hg mg/kg)	0.617	0.596	10	TS 2537 EN 1483
Azot (TKN mg/kg)	27669	25483		SM-4500-N _{org} B
Fosfor (P mg/kg)	10297	9834		Yaş yakma (Olsen vd.)
PCB (mg/kg)	<0.1	<0.1	0.8	EN 12766
PCDD/F (ng TE/kg kuru madde)	0.183	0.44	100	TS EN 1948/2-3
pH	6.71	6.73		TS 8332 ISO 10390
C/N (%)	7.12	7.23		D.13.Y.04.24 (İç yöntem)

Nem (%)	72.57	38.29		TS 9546 EN 12280
Kuru Madde (%)	27.43	61.71		
Yanma (kızdırma) Kaybı, Organik Madde (770 °C'de) (%)	51.1	43.27	> 40	TS EN 12879
İletkenlik (dS/m)	2.63	3.8		ISO 11265
E.Coli (EMS/g)	1.8 E + 05 kob/g	1.9 E + 06 kob/g	en az 2 Log10 (%99)	ISO 16649-2

Metot

Projede, 15.08.2014 tarihinde Konya Evsel Atık su Arıtma Tesisinde, çamur susuzlaştırma ünitesinden çıkan stabilize arıtma çamurları etrafı çevrili U şeklinde beton lagünlere ince tabaka halinde serilmiştir. Yığının farklı noktalarından örnekler alınıp analiz için TÜBİTAK MAM Çevre Araştırma Enstitüsüne gönderilmiştir. Analiz işlemleri sonucu yönetmenliğe uygun olan stabilize evsel nitelikli arıtma çamuru yığının belli periyotlarda karıştırıcı kepçe makinesiyle alt üst edilmesi ve silindirle ezilmesi işlemleri ve güneşte açık yığında kurutulması işlemleri 2 ay boyunca devam etmiştir. Bu şekilde kurutma yöntemiyle arıtma çamurunun kuru madde oranı, %25 KM'den %80 KM'lere çıkartılmıştır. 23.10.2014 tarihinde Konya Merkezden Karapınar'daki proje alanına arıtma çamuru materyalinin nakliyesi gerçekleştirilmiştir. Arıtma çamurunun rotatiller makinesiyle öğütme / parçalama işlemleri ve 10 mm elek aralığında eleme işlemleri yapılarak kullanıma hazır biyokatı materyali yığınları oluşturulmuştur. 03-07 Kasım 2014 tarihlerinde, projede deneme deseni planında belirtildiği üzere arıtma çamurunun nem muhtevasına göre her parseldeki doz uygulaması, %100 kuru madde (KM) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Arazi erozyona uğramış mera toprağında denemede arıtma çamurunun uygulaması esasında insan sağlığı açısından koruyucu eldiven, maske, çizmeler kullanılmıştır.

Arıtma çamurlarının dozları, 0 (Kontrol), 1, 2, 4 ve 8 ton/da (KM) (Arvas ve vd., 2007) olacak şekilde,

1) Toprağın 0-5 cm.'lik tabakasına tırmıkla karıştırma işlemi (D ana konusu),

2) Toprak yüzeyine serpme işlemi, (S ana konusu),

2 ana konuda, 4 tekerrürlü, 5 dozda toplam 40 parselde deneme deseni planı uygulanmıştır. Deneme parsel ölçüleri 8 mx10 m = 80 m²'lik bir alanda ve her parsel arası boşluk 1.5 m olacak şekilde yan yana ve Bloklar arası boşluk 2.5 m olarak ayarlanmıştır. Yüzeye serpme işlemi (S konusu) olan parsellerde biyokatı homojen bir şekilde dağılımı yapılmıştır, Karıştırma işlemi (D konusu) olan parsellerde tırmıkla homojen bir şekilde dağılımı yapıldıktan sonra toprağın 0-5 cm derinliğine karıştırılması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Deneme "Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine" göre 4 tekerrürlü ve çakılı olarak yürütülmüştür. Projede arıtma çamurunun (biyokatı) uygulaması yapılmadan önce parsellerden 2014 yılı haziran ayında bitki etüt çalışması, Ekim ayında fiziksel ve kimyasal analiz toprak örnekleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. 2014 yılı (kontrol yılı) erozyona uğramış ve bu yüzden bozunmuş meranın doğal verileridir. Arıtma çamur uygulaması 2014 yılı Kasım ayında tek bir defada uygulanmıştır. Akabinde arıtma çamurunun uygulaması sonrası 3 yıl boyunca (2015, 2016 ve 2017 yılları haziran aylarında) etkileri gözlemlenmiştir. Doğal merada uygulanan projede parsellerde Kuadrat metoduna göre, 2014-2015-2016-2017 yılları haziran ayı içerisinde mera bitki vejetasyonu etüt çalışmaları yapılmıştır (Avcıoğlu, 1983). Meranın ot veriminin hesaplanması, Kuadrat (çerçeve) yöntemi ile parsel içindeki toplam ot verimi dekara çevrilecek ve ot verimi tespit edilmiştir.

Mera bitkilerinin protein oranlarının tespiti için Konya

Toprak Su Çölleşme Enstitüsü laboratuvarlarında Kjeldahl azot setinde N analizleri yapılmış, elde edilen kuru ottaki azot miktarı, 6.25 katsayısı ile çarpılarak protein oranları tespit edilmiştir. Bu ölçümler arıtma çamuru uygulama öncesi ve sonrası her yıl haziran aylarında yapılmıştır. İstatistik analizleri JMP Pro 16 programında yapılmış olup, önemlilikler LSD testi ile gruplandırılmıştır. Bu deneme süresince mera vejetasyonunu oluşturan bitkilerde de sayı olarak farklılıklar oluşmuş ve deneme sonucunda tür sayılarının arttığı tespit edilmiştir. Uygulama yapılmadan önce(2014 yılı) bulunan türler(10 adet); *Salvia absconditiflora*, *Acantho limonulicinum var. ulicinum*, *Astragalus onobrychis*, *Noaea mucronata*, *Alhagi maurorum subsp. maurorum*, *Thymus leucostomus*, *Onopordum acanthium*, *Cynodon dactylon*, *Stipa ehrenbergiana*, *Agropyron cristatum* iken 2017 yılında ise (22 adet); *Salvia absconditiflora*, *Acantho limonulicinum var. ulicinum*, *Astragalus onobrychis*, *Noaea mucronata*, *Alyssum linifolium var. teheranicum*, *Alhagi maurorum subsp. Maurorum*, *Alopecurus arundinaceus*, *Agropyron elongatum*, *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon var. villosus*, *Descurainia sophia subsp. sophia*, *Eremopyrum bonaepartis var. sinaicum*,

Stipaehrenbergiana, *Nigella arvensis var. glauca*, *Papaver hybridum*, *Onopordum acanthium*, *Thymus leucostomus*, *Bromus erectus*, *Centaurea acarduiiformis*, *Scabiosa argentea*, *Xeranthemum annuum*, *Phlomis armeniaca* olarak belirlenmiştir(Acar vd.2024).

3. Bulgular ve Tartışma

Arıtma çamur uygulaması öncesi 2014 Haziran'da erozyona uğramış merada doğal bitki vejetasyon etüt çalışması yapılmıştır ve 2014 Yılı Kasım ayında arıtma çamur uygulaması sonrası her yıl bitkilerin gözlemleri ve örnek alma işlemleri, 2015, 2016 ve 2017 yılları haziran aylarında 3 yıl boyunca devam etmiştir. (Özyazıcı ve Özyazıcı, 2012).

3.1. Yeşil ot ve kuru ot verimleri (kg/da)

Deneme yeri parsellerinin yeşil ot, kuru ot verimi varyans analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 8'de belirtilmiştir. Yeşil ot verimi ve kuru ot verimi değerlerine ait ortalama değerler de sırasıyla Tablo 9 ve 10'da belirtilmiştir.

Tablo 8. Yeşil ot, kuru ot verimi varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	
		Yaş ot verimi	Kuru ot verimi
Yıl(A)	3	1211332 *	300493 *
Tekerrür	12	27243.8	4040.5
Karıştırma uyg.(B)	1	7547.7	3940.7
İnt.(AxB)	3	13969	2015.8
Hata 1	12	47481.7 *	8321.3 *
Doz(C)	4	17506.7	4919.8
İnt. (AxC)	12	30004.4 *	8844.8 *
İnt. (BxC)	4	42387.8 *	11159.1 *
İnt. (AxBxC)	12	13170.2	4105.7
Hata 2	96	15720	3595.6
Genel	159	(*)%5 seviyesinde önemli bulunmuştur	

Tablo 9. Yeşil ot verimi değerlerine ait ortalama değerleri(kg/da)

Yeşil Ot Verimi Ortalamalar							
Yıllar	Ana Konu	Alt konu (Dozlar)					Ort.
	KY ¹	Doz1	Doz2	Doz3	Doz4	Doz5	
2014	D ²	147	326	244	205	245	233.7
	S ³	289	219	228	223	285	248.7
	Ort.	218 ij	273 f-j	236 h-j	214 ij	265 f-j	241.2 c
2015	D	245	391	475	494	353	391.7
	S	346	299	295	305	379	324.7
	Ort.	296 e-ı	345 d-h	385 d-f	399 de	366 d-g	358.2 b
2016	D	216	212	241	200	148	203.5
	S	273	239	217	149	186	212.7
	Ort.	244 g-j	226 h-j	229 h-j	174 ij	167 j	208.1 c
2017	D	615	694	403	631	650	598.6
	S	580	584	493	493	783	586.4
	Ort.	598 ab	639 ab	448 cd	562 bc	716 a	592.5 a
2014-2017 ort.	D	306 bc	406 a	341 a-c	383 ab	349 a-c	356.9
	S	372 a-c	335 a-c	308 bc	292 c	408 a	343.1
	Ort.	339	371	324	338	379	
LSD(A)	105.7		LSD(B)	74,8		LSD(A*B)	149.5
LSD(C)	62		LSD(A*C)	124		LSD(B*C)	88
LSD(A*B*C)	175						

Tablo 10. Kuru ot verimi değerlerine ait ortalama değerleri (kg/da)

Kuru Ot Verimi Ortalamalar							
Yıllar	Ana Konu	Alt konu (Dozlar)					Ort.
	KY ¹	Doz1	Doz2	Doz3	Doz4	Doz5	
2014	D ²	72	163	120	97	117	113.8
	S ³	140	105	111	111	137	120.6
	Ort.	106 g	134 d-g	115 e-g	104 g	127 e-g	117.2 c
2015	D	126	167	249	193	180	183.0
	S	170	166	126	154	166	156.3
	Ort.	148 d-g	167 c-f	187 c-d	173 c-e	173 c-e	169.7 b
2016	D	133	111	139	111	84	115.5
	S	166	104	105	75	101	110.3
	Ort.	150 d-g	108 f-g	122 e-g	93 g	92 g	112.9c
2017	D	283	357	211	337	342	306.0
	S	295	283	237	236	406	291.5
	Ort.	289 b	320 ab	224 c	286 b	374 a	298.7 a
2014-2017 ort.	D	154 bc	200 a	180 a-c	184 a-c	181 a-c	179.6
	S	193 ab	165 a-c	145 c	144 c	202 a	169.7
	Ort.	173	182	162	164	192	
LSD(A)	44.25		LSD(B)	31,29		LSD(A*B)	62.58

LSD(C)	29.68		LSD(A*C)	59,36		LSD(B*C)	41.98
LSD(A*B*C)	83.95						

Not: ¹KY: karıştırma yöntemi, ²D: Karıştırma işlemi (D konusu), ³S: Serpme işlemi (S konusu), Arıtma çamuru uygulama dozları sırasıyla, Doz 1: 0 (Kontrol), Doz 2: 1 ton/da, Doz 3: 2 ton/da, Doz 4: 4 ton/da, Doz 5: 8 ton/da (KM)

Yeşil ot verimi:

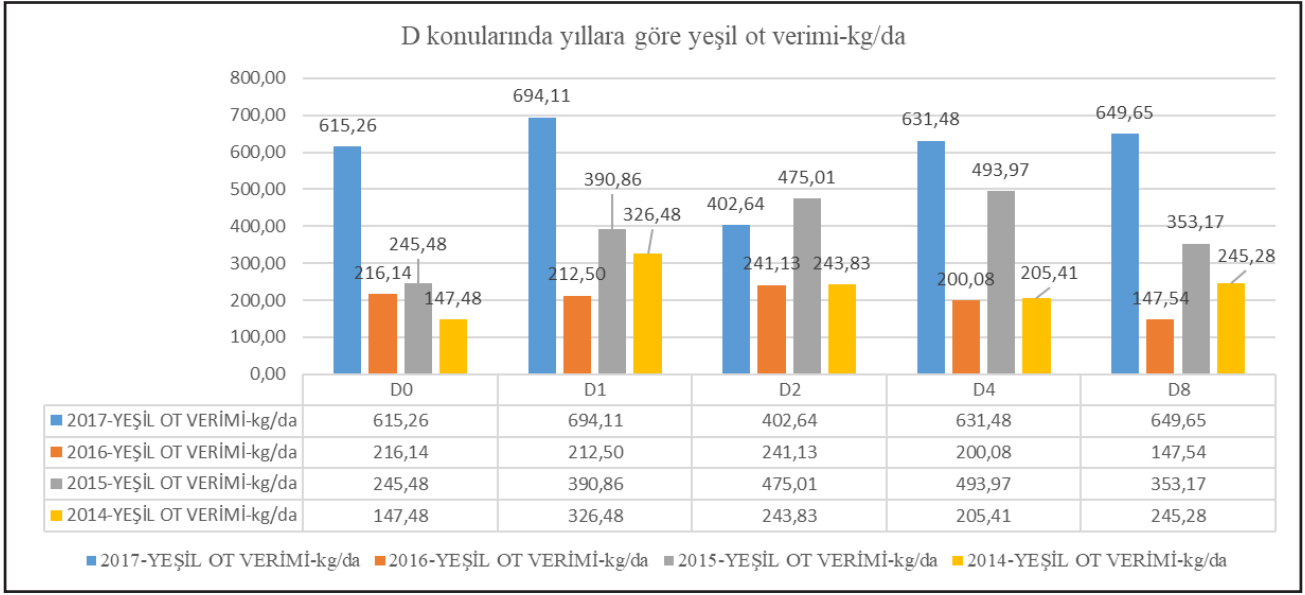
Yağışlar ile bitki ağır metal alımlar arasında ilişki olduğundan yıllar arasındaki yağış farklılıkları kurak alanlarda önemli olup bu ağır metal alımına etki etmiştir. Yeşil ot veriminde yıl yani yağış faktörü önemli bulunmuştur ($p<0.05$)(Tablo 8).Yıl*Farklı doz uygulamalarında yağış faktörüne bağlı olarak dozlar arasında farklılık da önemli bulunmuştur ($p<0.05$).2014 su yılında (kontrol yıl), 215.4 mm yağışın olduğu, arıtma çamurunun uygulaması öncesi doğal bozunmuş merada haziran ayında yeşil ot ortalama verimi, (241.2c) olarak bulunmuştur(Tablo 9).2015 su yılında yağışın 292.3 mm yağış düşmesinden dolayı yeşil ot ortalama veriminde artışlar (358.2b) görülmüştür. Özellikle 2016 su yılında 132.6 mm yağış düşmesinden dolayı yeşil ot ortalama veriminde oldukça azalmalar (208.1c) görülmüştür. 2014 yılı kontrol yılı ile aynı ortalama derecelendirme grubuna denk düşmektedir. Buna mukabil 2017 su yılında yağışın 257.2 mm yağış düşmesinden dolayı yeşil ot ortalama veriminde oldukça yüksek artışlar (592.5a) görülmüştür. Bu çalışmada, arıtma çamuru (biyokatı) uygulamasında iklim (su) faktör önemli derecede ortaya çıkmıştır. Gübreleme ile birlikte suyun taşıyıcı rolü önemli çıkmıştır ($p<0.05$).Çok ekstrem iklime sahip yağışın oldukça düşük olduğu bölgelerde uygun nitelikteki arıtma çamurlarının (biyokatı) kullanılmaması gerekmektedir. Yağışın en azından 250-300 mm olduğu hatta daha fazla 300 mm üstü yağış rejimi taşıyan bölgelerde bu uygun nitelikli biyokatıların kullanılması sonucunu ortaya koymaktadır. Yeşil ot veriminde, D uygulamalarında 2015 yılı açısından en yüksek D4; 2016 yılı kurak bir sezon açısından en yüksek D2, 2017 yılı çok yağışlı bir sezon açısından en yüksek D1 olduğu görülmüştür(Şekil 1).Yeşil ot veriminde, S uygulamalarında 2015 yılı açısından en yüksek S8; 2016 yılı kurak bir sezon açısından en uygun kontrol, 2017 yılı çok yağışlı

bir sezon açısından en yüksek S8 olduğu görülmüştür (Şekil 2). 1953 yılında yapılan bir çalışmada, İç Anadolu Bölgesi doğal mera alanlarında yetişmekte olan bitkilerin % 90'ı faydalı mera otları olmayıp, besin değeri oldukça düşük yabancı ve yaramaz otlardan olduğu ifade edilmiştir. Yine bir buçuk yıl dinlendirildikten sonra ot verimi tespit edilen tabii merada mayıs ayının ikinci yarısında hasat edilen mera veriminin yeşil ot olarak 80 kg/da olduğu ve bunun da çok düşük olduğu bildirilmiştir(Tarman, 1960). Genellikle çalışmalarda kuru ot olarak verilmekte olup, bunun 3 veya 4 katını yeşil veya yaş ot olarak belirtilen verimi oluşturur. Bu anlamda elde edilen veriler yapılan çalışmaları ile uyum içerisindedir.Bakır(1985), gübrelerin merada uygulama şekli ile ilgili, serpme olarak gübrelenen parsellere nazaran, toprağın 10 cm derinliğine kadar uygulanan gübre parsellerinden daha fazla yem alındığını ifade etmiştir. Bu bizim uygulamamızda genel ortalama bakımından istatistiki anlamda farklılık oluşturmamıştır. Aynı çalışmacı kompostun meralarda birçok yararı olduğunu, tam bir gübre olmasa bile yetiştirme şartlarını ıslah etme, humus kaynağı olma ve mikroorganizma faaliyetlerini artırma, soğuk ve kurağa karşı koyma, aşırı buharlaşmayı önleme faydaları sebebi ile uygulanabildiğini belirtmiştir. İngiltere'nin batı kısımlarındaki meralarda kanalizasyon çamurunun geniş oranda kullanıldığını belirten Frame(1994), Kanalizasyon çamurunun içinde besin maddesi olan azot ve fosfor bulunduğunu, uygulama yılında 50 m³/ha sıvı çamurun içinde besin maddesi olarak yaklaşık 40 kg/ha N, 20 kg/ha P₂O₅ ve 5 kg/ha K₂O bulunduğunu bunun bir kısmının hemen bir kısmının da sonra faydalı olduğunu, bu uygulamaların toprak pH'nın 5.5 den aşağı olan yerlerde uygulanmaması gerektiğini de ifade etmiştir. Erzurum'da elde edilen çöp kompostunun farklı dozlarda kullanılması ile kuru şartlarda arpa veriminde gübre uygulanmayan parsellere göre 40 ton/ha uygulanan kompostta%217, 80 ton/ha %408 ve 120 ton/ha ise %724

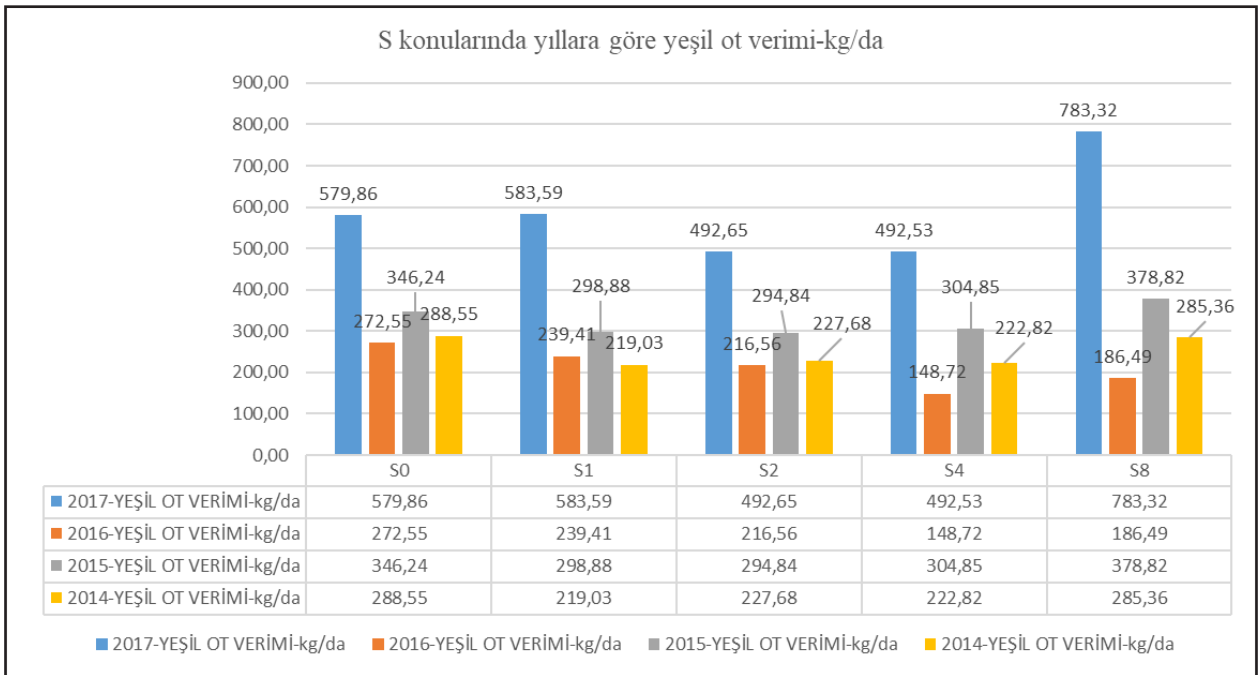
daha fazla verim alındığı, ikinci yıl bu oranların düştüğü ve sırasıyla %52, %85 ve %123 olduğu belirtilmiştir(Kowald vd. 1990).

Araştırmacıların da belirttikleri gibi araştırmamızda uygulamaların yapılmadığı 2014 yılında ortalama 241

kg/da yeşil ot verimi alınırken, denemenin son yılı 2017 yılında ortalama 592.5 kg/da yeşil ot verimi elde edilmiştir. Bu sonuçlar iklim şartlarının etkisi ile yıllar itibariyle farklılıklar görülse bile daimî bir artışın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. D konusunda yeşil ot verimi



Şekil 2. S konusunda yeşil ot verimi

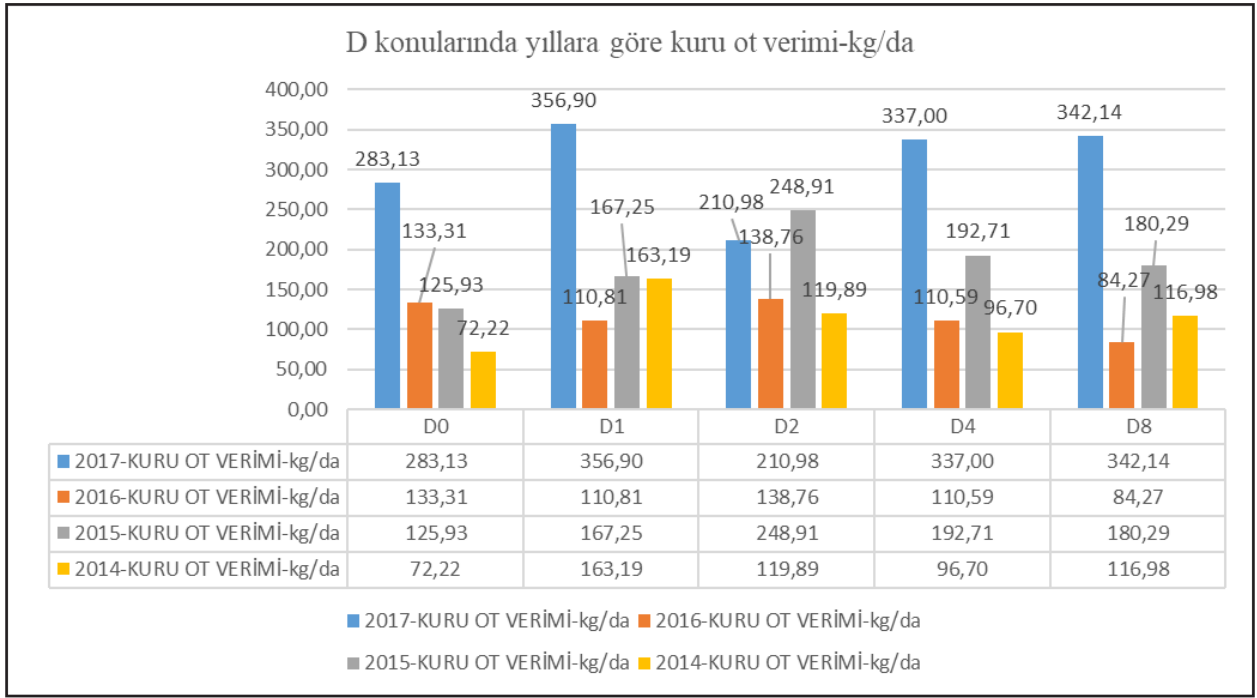
Kuru ot verimi:

Yağışlar ile bitki ağır metal alımlar arasında ilişki olduğundan yıllar arasındaki yağış farklılıkları kurak alanlarda önemli olup bu ağır metal alımına etki etmiştir. Kuru ot veriminde yıl yani yağış faktörü önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 8). Yıl*Farklı doz uygulamalarında yağış faktörüne bağlı olarak dozlar arasında farklılık da önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 2014 su yılında (Kontrol yıl), 215.4 mm yağışın olduğu, arıtma çamurunun uygulaması öncesi doğal bozunmuş merada haziran ayında kuru ot ortalama verimi (117.2c) olarak bulunmuştur (Tablo 10). 2015 su yılında yağışın 292.3 mm yağış düşmesinden dolayı kuru ot ortalama veriminde artışlar (169.7b) görülmüştür. Özellikle 2016 su yılında 132.6 mm yağış düşmesinden dolayı kuru ot ortalama veriminde oldukça azalmalar (112.9c) görülmüştür. Buna mukabil 2017 su yılında yağışın 257.2 mm yağış düşmesinden dolayı kuru ot ortalama veriminde en yüksek artışlar (298.7a) görülmüştür. Bu çalışmada, arıtma çamuru (biyokatı) uygulamasında iklim (su) faktör önemli derecede ortaya çıkmıştır. Gübreleme ile birlikte suyun taşıyıcı rolü önemli çıkmıştır ($p<0.05$).

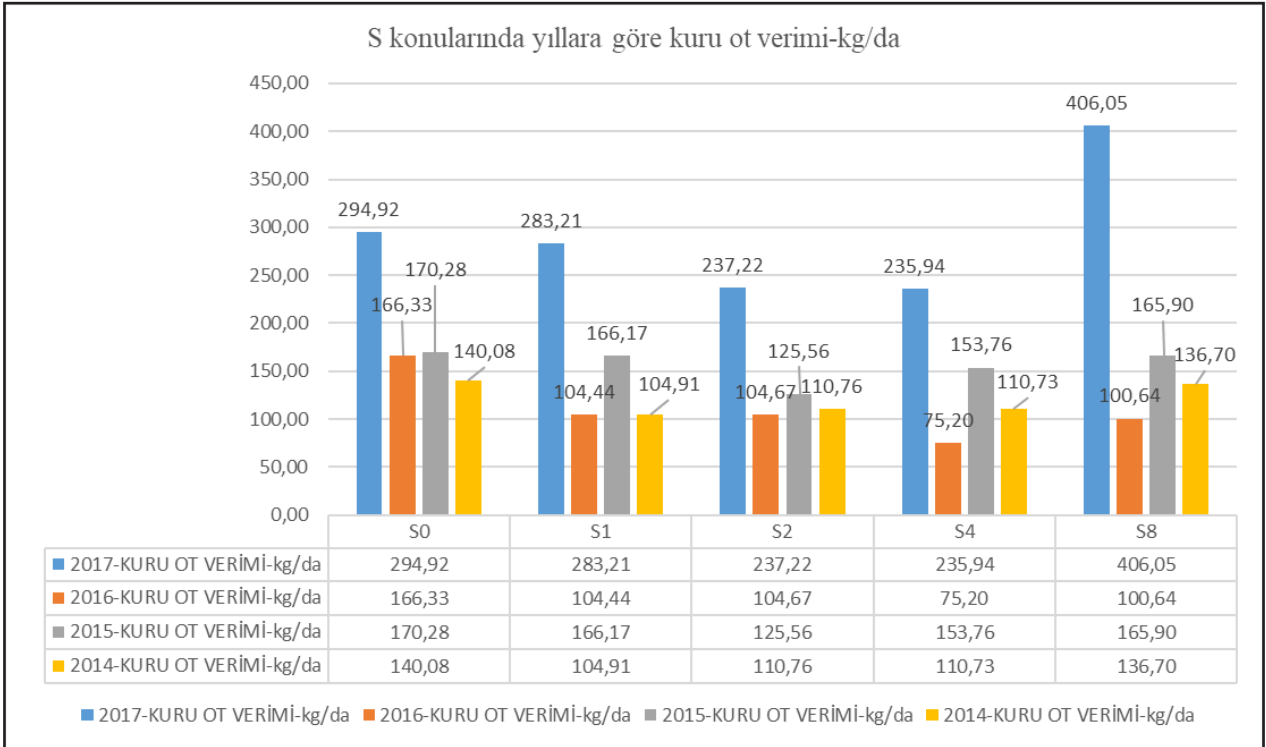
Çok ekstrem iklime sahip yağışın oldukça düşük olduğu bölgelerde uygun nitelikteki arıtma çamurlarının (biyokatı) kullanılmaması gerekmektedir. Yağışın en azından 250-300 mm olduğu hatta daha fazla 300 mm üstü yağış rejimi taşıyan bölgelerde bu uygun nitelikli biyokatıların kullanılması sonucunu ortaya koymaktadır. Kuru ot veriminde, D uygulamalarında 2015 yılı açısından en yüksek D2; 2016 yılı kurak bir sezon açısından en yüksek D2, 2017 yılı çok yağışlı bir sezon açısından en yüksek D1 olduğu görülmüştür (Şekil 3). Kuru ot veriminde, S uygulamalarında 2015 yılı açısından en yüksek S0 yani kontrol; 2016 yılı kurak bir sezon açısından en yüksek S0, 2017 yılı çok yağışlı bir sezon açısından en yüksek S8 olduğu görülmüştür (Şekil 4). Dolayısıyla yağış ile birlikte uygulanan arıtma çamuru (biyokatı) uygulamasında dozlar ile birlikte artış olduğu görülmektedir. Kuru ot veriminde, Çok kurak 2016 yılında serpmeye göre karıştırma uygulamasında D2 parsellerin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Avrupa'da mera alanlarında dekarda 560 kg kuru ot alınırken, bu rakam Türkiye'de ortalama 69 kg olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca meralardaki otun kalitesi besin

değeri bakımından da düşüktür (botanik kompozisyondaki kaliteli yem bitkilerinin oranı %10-20). Çünkü meralara tohum takviyesi ve bakım yapılmadığından hayvanların severek tükettiği bitkiler tohum aşamasına varmadan kökü tüketilirken, sevilmeyen bitkiler merada yaygınlaşmaktadır. İç ve Güney Doğu Anadolu meraları, Ülkemizdeki çayır mera alanlarının % 39.5'ünü içermesine karşılık, % 10-15 bitki ile kaplı olmaları ve şiddetli baskısında bulunmaları nedeniyle verimleri bir otlatma mevsiminde ortalama 30 kg/da kuru ot üretebilecek düzeydedir (Gençkan vd., 1990). Konya Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çomaklı çiftliği merasında yapılan vejetasyon etüdü ile ilgili çalışmada bitki ile kaplı alan ort. % 22.94 olarak tespit edilmiş ve bunun çoğunluğunu da diğer familyalara ait (baklagil ve buğdaygil dışında) bitkilerden oluştuğu, ot veriminin 144 kg/da/yıl olduğu, bunun yarayırlılık oranı % 16.96 tespit edildiği ve bu oranın çok düşük olduğu, buna göre de yıllık faydalı kuru ot veriminin ort. 24.42 kg/da olarak hesaplandığı belirtilmiştir (Özkaynak vd., 1994). Ünal (1996), Orta Anadolu meralarının dekara kuru ot verimlerinin ortalama 20-70 kg arasında olduğunu, burada ki doğal meraların başlangıçta buğdaygil, baklagil ve diğer familyaları içeren karma step meralar iken yıllar süren ağır ve erken otlatma nedenleriyle bugün bitki örtüsünün büyük bir kısmını kalitesiz, besleme değeri düşük, yabancı ot niteliğinde diğer familyalara ait bitkilerden teşkil ettiğini, özellikle iyi cins baklagilyem bitkilerinin oranının doğal meralarda % 1'in altına düştüğünü ifade etmiştir. Konya ili sorunlu alanlarında oluşan meraların bitki örtüsü üzerine yapılan bir araştırmada altı farklı mera kesiminde 1974-75 yıllarında bitki ile kaplı alan sırasıyla ort. % 9.75 ve % 11.84 olarak tespit edilmiştir. Aynı meralar içinde iki yılda en fazla kuru ot verimleri tuzlu-alkali meralardan elde edilmiştir (sırasıyla ort. 115.0 kg/da ve 149.7 kg/da). En düşük kuru ot verimi ise taşlı meralardan sırasıyla ort. 23.1 kg/da ve 73.5 kg/da olarak elde edilmiştir (Yılmaz, 1977). Mülâyim vd., (2007), Çayır ve meralarda kuru ot verimlerinin bölgeden bölgeye değişmekte olduğunu, yıllık kuru ot verimlerinin ort. 30-90 kg/da arasında olup, meralarımızın çok önemli bir kısmının kurak iklim kuşağında bulunduğunu, buna rağmen uygun ıslah ve amenajman yöntemleri kullanılarak mevcut üretim kapasitelerini 4-5 yılda 3 kat arttırarak 8.9 milyon tondan 26.7 milyon tona çıkarılmasının mümkün

olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettiğimiz kuru ot verimleri belirtilen kaynaklardaki kuru ot verimleri ile uyum içinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. D konusunda kuru ot verimi

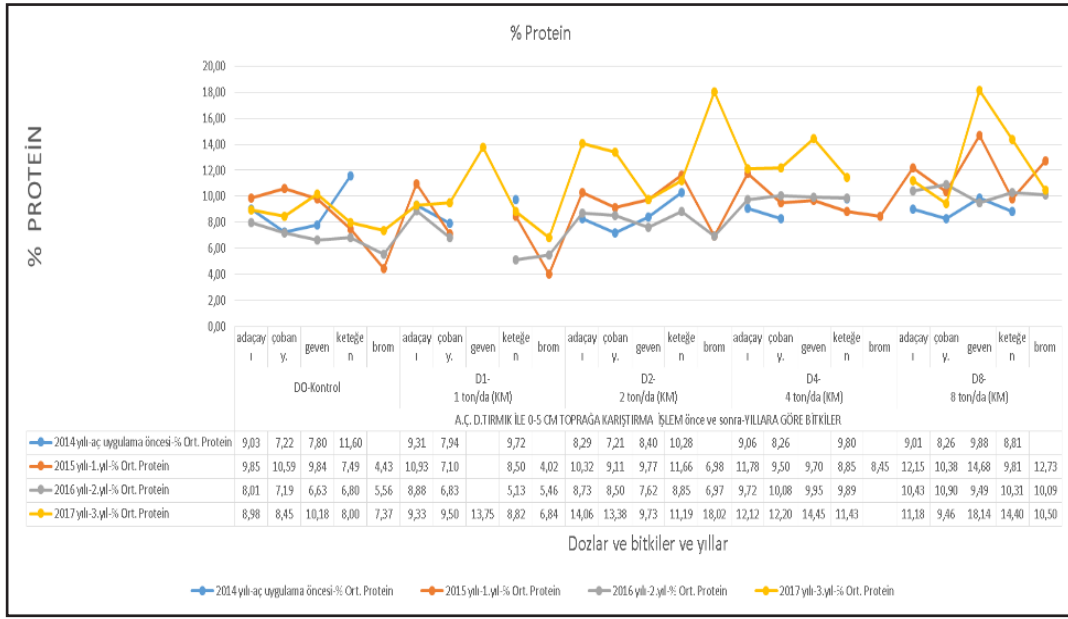


Şekil 4. S konusunda kuru ot verimi

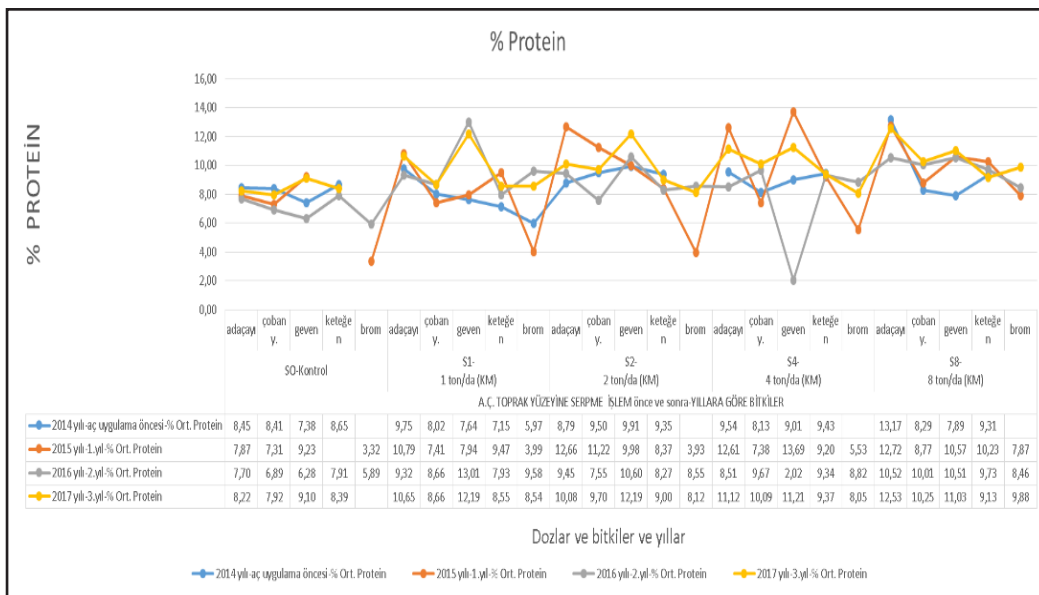
3.2. Mera otunun protein oranları

Hayvansal dokuların yapı taşı proteindir. Vücut dokuların büyümesi ve yenilenmesi proteinler sayesinde olur. Koyunlar geniş getiren hayvanlar oldukları için tükettikleri proteinin kaynağından ziyade miktarı önem taşır. Verimde olmayan erişkin koyunların rasyonunda minimum (en az) % 7 oranında protein olmalıdır. Diyette

% 7 den az protein bulunması halinde koyunlar mineral maddelerden de yeteri kadar yararlanamamaktadır. Protein kaynakları; baklagil tohumları, kaliteli yonca, yağlı tohum (pamuk, soya, ayçiçeği) küspeleridir. Protein temel olarak pahalı bir besin maddesi olmasına karşın orta kalitedeki meralar ve kuru otlar koyunların protein ihtiyacını karşılamaktadır.



Şekil 5. D konularında mera bitkilerinde % protein değerleri



Şekil 6. S konularında mera bitkilerinde % protein değerleri

Bitkideki protein açısından bakıldığında, Uygulamalar arasında fazla bir farklılık yoktur. S uygulamasında uygulama ve bitkilerin protein oranı genel ortalaması % 8.95 iken, D uygulamasında bu oran % 9.27 olarak hesaplanmıştır(Şekil 5,6). Bitkilere göre uygulamaların(S ve D olarak) sırasıyla ortalama protein oranları ada çayında (*Salvia absconditiflora*) % 10.23 ve % 10.06, çoban yastığında (*Acantho limonulicinum* var. *ulicinum*) % 8.70 ve % 9.10, gevende (*Astragalus onobrychis*) %10.04 ve % 10.05, keteğende (*Noaea mucronata*) % 8.86 ve % 9.59, bromda(*Bromus tectorum*) % 6.94 ve % 7.55 olarak bulunur iken, uygulanan dozlar itibariyle(S ve D olarak), S1 ve D1'de % 8.76 ve % 7.73, S2 ve D2'de % 9.21 ve % 9.28, S4 ve D4'de %9.48 ve % 10.10, S8 ve D8'de ise % 9.98 ve % 10.76 olarak tespit edilmiştir. Türkiye'de yemler üzerine yapılan araştırmada, Konya yöresinde doğal merada elde edilen vetabii durumda kurutulan kuru otun ham protein değeri % 6.75 bulunurken, farklı şehirlerden alınan(45 farklı yer) kuru otların ortalama protein oranları % 8.57 olarak bulunduğu belirtilmiştir. Doğal alanlardaki kuru otların besin değerlerine yetiştigi çevre, bitki gelişim safhaları ve botanik kompozisyonları etki etmektedir. Aynı araştırmada Artvin'den gelen numunede protein oranı % 10.99 bulunmuştur(Kara, 1967). Elde edilen veriler Türkiye'nin 45 farklı yerinden elde edilenler ile yapılarak ortaya konulan veriler ile uyum içindedir. Burada da görüldüğü gibi bitkiler arasında farklılıklar mevcut ve doz artırımı ile de ortalama protein değerlerinde az miktarda artışlar görülmüştür. Azot tespitinden gidilerek yapılan hesaplamalar protein hakkında bilgi vermekle birlikte protein dışı yapıları da temsil ettiği unutulmamalıdır.

4. Sonuç

Genel olarak, mevcut sunumdaki farklılıklar birincil olarak, yıllar boyunca değişen iklimden, bitkilerin yıllar itibariyle kök ve gövde büyümelerindeki farklılıklarından, botanik kompozisyonundaki değişimde toprak içindeki mineral maddelerin yıllar itibariyle hareketlerinden ve birbirlerini etkilemelerinden, organik maddeleri parçalayan ve toprak iklimiyle ve nem durumuyla etkilenen saprofit bakterilerinin faaliyetlerindeki farklılıklarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çözünen mineral besin

maddesinin bitkiye ulaşımının ve kullanımını etkileyen en önemli faktör taşıyıcı rolü de olan su yani yağıştır. Yeşil ve kuru ot verimi parametrelerine bakıldığında yıllar arası yağış farklılığının yani su fonksiyonunun oldukça kayda değer etki ettiği ortaya çıkmıştır. Çok ekstrem iklime sahip yağışın oldukça düşük olduğu bölgelerde (132.6 mm ve altı yağış) uygun nitelikteki arıtma çamurlarının (biyokatı) materyalinin kullanılmaması gerekmektedir. Yağışın en azından 250-300 mm olduğu hatta daha fazla 300 mm üstü, yağış rejimi taşıyan bölgelerde yönetmeliğine uygun nitelikli arıtma çamurlarının (biyokatı) kullanılması sonucunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, ağır metal sınırları dikkate alınarak tavsiye edilen doz, her üç yılda bir olmak üzere D ve S uygulamasında D1 dozunun (1 ton/da KM) uygun olduğu proje sonuç raporunda belirtilmiştir (Mücevher vd., 2020). Buna göre, genel ortalama(2014-2017) itibari ile yeşil ot verimi D1 dozu için 406 kg/da iken, S1 dozunda 335 kg/da olarak hesaplanmıştır. Gölgede kurutulan kuru ot verimlerinde ise aynı sıra ile 200 kg/da ve 165 kg/da olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada, merada arıtma çamurunun uygulanmadığı (2014 yılı) verilerine göre yeşil ot verimi ortalaması 241.2 kg/da, kuru ot verimi ortalaması 117.2 kg/da olarak bulunmuştur. Merada toprakta ve bitkide ağır metal sınır değerleri ve zenginleşme faktörü dikkate alınarak tavsiye edilen doz, her üç yılda bir olmak üzere, D uygulamasında D1 dozunun (1 ton/da KM) uygulandığı parsellerde genel ortalama (2014-2017 yılları) itibari ile yeşil ot verimi D1 dozu için 406 kg/da, gölgede kurutulan kuru ot verimlerinde ise 200 kg/da olarak hesaplanmıştır. Önerilen her üç yılda bir olmak üzere, D1 dozunda (1 ton/da KM), merada yeşil ot veriminde ortalama olarak %68.32, kuru ot veriminde ise, %70.64 artış olduğu görülmüştür. Ancak bu verimler toplam ot verileri olup, yem değeri olan yarayışlı ot verimleri değildir. Bu değerler Orta Anadolu Bölgesinde yıllık yağışın 280 mm olduğu kurak, erozyonun hâkim olduğu verimsiz bir merada elde edilen önemli bir sonuçtur. Yine bitki ile kaplı alan ve buradaki iyileşme açısından da önemli sonuçlar belirlenmiş olup, bu uygun toprak ortamının oluşması ile birlikte ot verimine paralel tür sayısının da arttığını tespit edilmiştir(Acar vd., 2024). Bu sonucu destekleye bir diğer araştırma Van

İlinda, yine arıtma çamuru kullanılarak yapılmış benzer sonuçlar alınarak, araştırma sonucunda, 2,5 ton/da/yıl arıtma çamuru uygulamasının yarı kurak alanlarda alttan sulamalı otlaklarda biyokatı gübre olarak tavsiye edilebileceğini vurgulamaktadır. Nitekim; Tarman(1972), iyi hazırlanmış kompostun bitkileri sıklaştırdığını, kardeşlenmeyi kuvvetlendirdiğini, seyrekleşen yerlerde uygulanan tohumun buraları çabuk kapattığını ve duruma göre de verimi %100'e kadar arttırdığını ifade etmiştir. Ekolojik farklılıklar nedeniyle toprakta, bitkide ağır metal zenginleşme faktörleri dikkate alınınca, Karapınar gibi kendine özgü ekolojik şartlarda bu araştırmada üç yıllık ara ile 1 ton/da evsel atıksu arıtmadan çıkan ve işlemlerden geçirilen arıtma çamurunun kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Teşekkür: Bu makale TAGEM tarafından desteklenen TAGEM/TSKAD/14/A13/P05/04 numaralı "Atık su çamurunun erozyona uğramış mera alanlarında kullanım olanaklarının değerlendirilmesi" projesi kapsamında derlenmiş olup, TAGEM'e desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Acar, R. & Mülayim, M. (2008). Kuraklık ve Meralarımız. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı. DSİ Genel Müd. IV. Bölge Müdürlüğü Yayını, 337-341

Acar, R., Mücevher, O., Öztekin, M., Dursun, Ş., Akay, A., Bitki, S., Ulutaş, S. & Koyuncu, S.(2024). Effect of domesticsewagesludge on thebotanicalcomposition of erodedpastures. J Int. Environmental Application &Science. 19(2):110-120

Altın, M., Gökkuş, A. & Koç, A. (2005). Çayır Mera Islahı. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayını. Ankara

Altın, M., Gökkuş, A. & Koç, A. (2011). Çayır Mera Yönetimi(C.1). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı yayını.Ankara

Arvas, Ö., Keskin, B. & Yılmaz, İ.H. (2007). Effect of sewage sludge on metal content of grassland soil and herbage in semi-aridlands, TÜBİTAK projesi.

Avcıoğlu, R. (1983). Çayır-Mera Bitki Topluluklarının Özellikleri ve İncelenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Yayınları No: 466, İzmir

Bakır Ö, (1985) Çayır Mera Islahı Prensi ve Uygulamaları. Ankara Ün. Ziraat Fak. Yayın no: 947. Ankara

Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H., 2002. Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının) Arazide Kullanımı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü – ASKİ Arıtma Tesisi Başkanlığı, Ankara.

Bot, A. & Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. In: FAO Soils Bulletin (FAO), no. 80 / FAO, Rome (Italy). Land and Water Development Div. 78 p.

Brohi, R., Aydeniz, A. & Karaman, MR.(1997). Toprak Verimliliği(II. Baskı). Türk Hava Kurumu Basımevi. Ankara

Çepel, N. (2008). Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları yayını no: 180

EPA, 1994. "Land Application of Biosolids, Process Desing Manual", USEPA, Cincinnati Ohio, 12-21 (1994)

Eyce, B. (1995). Bitki Ekolojisi. Selçuk Ün. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü Yayını. Konya

Frame, J.(1994). Improved Grassland Management. Published by Farming Press Books. Wharfedale Road, Ipswich IP14LG. UK

Gençkan, MS., Avcıoğlu, R. & Okuyucu, F. (1990). Çayır Meralarımızın durumu. TOK Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi sayı: 51, 8-10.

Günel, N. (2013). Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. ACTA TURCICA Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi, 5(1). www.actaturcica.com

Hakerler, H., 1980. Kentsel atıkların gübre olarak değerlendirilmeleri. E.Ü.Z.F. Derg., 17:3, 113-131

Ignatieff, V. & Page, HJ. (1965). Gübrelerin Tesirli Bir Şekilde Kullanılmaları(Çev. N. Özbek). Ankara Ün. Ziraat Fak. Yayın no: 238. Ankara

Johnson, I., Alexander, S. & Dudley, N. (2017). Global Land Outlook(First Edition). UNCCD. Bonn, Germany

Kara, S. (1967). Türkiye yemleri üzerinde araştırma. Lalahan Zootečni ve Araştırma Enstitüsü yayın no: 21. Ankara

Kowald, R., Yardımcı, N., Şahin, H. (1990). Erzurum'da çöp kompostunun üretimi ve kullanımı üzerine bir araştırma(Proje Raporu). Atatürk Ün. Ziraat Fak. Kültürteknik Bl. Yayını.

Mülayim, M., Acar, R. & Tetik, A. (2007). Konya'da mera varlığı ve kullanımı. Konya'da Tarım ve Tarımsal Sanayi Sorunlarının Tespiti Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 368-377. Konya

MGM, 2018. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü iklim verileri, Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2017/Klimatolojik-Makaleler-2017.pdf>

Mücevher, O., Bitgi, S., Ulutaş, S., Acar, R., Akay, A., Dursun, Ş., Koyuncu, S. & Öztekin, M., (2020). Erozyona uğramış mera alanlarında arıtma çamurlarının kullanım olanaklarının değerlendirilmesi, TAGEM/TSKAD/14/A13/P05/04 numaralı proje sonuç raporu. Konya

Özyazıcı, M. A. & Özyazıcı G. ((2012). Arıtma Çamurlarının Toprağın Bazı Temel Verimlilik Parametreleri Üzerine Etkileri, Anadolu Tarım Bilim Dergisi, 27 (2):101-109

Özkaynak, İ., Mülayim, M., Tamkoç, A., Acar, R. & Soylu, S. (1994). S.Ü. Ziraat Fakültesinin Çomaklı Çiftliği Merasında vejetasyon etüdü. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(7):50-62. Konya

Şimşekli, N. (2012). Karapınar rüzgâr erozyonunu önleme alanının sürdürülebilir arazi/toprak yönetimi planının geleneksel yapının perspektifinde geliştirilmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana

Tan, A. (1989). Meraların Gübrenmesi. Hayvancılık Çayır Mera Yem Bitkileri, Eğitici Yayınlar no:1. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü. Ankara

Tarman, Ö. (1960). Türkiye'de çayır mera ve yem bitkileri kültürünü geliştirmek için nasıl çalışmalıyız. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın no: 165. Ankara

Tarman, Ö. (1972). Yem bitkileri, Çayır ve Mera Kültürü(C.1). Ankara Ün. Ziraat Fakültesi Yayın no: 464.

Ünal, S. (1996). Orta Anadolu'da bazı çayır ve mera ıslah ve amenajman çalışmaları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, (5)2:11-23.

Yılmaz, T. (1977). Konya ili sorun alanlarında oluşan meraların bitki örtüsü üzerine araştırmalar. TC. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müd. Konya Bölge Topraksu Arş. Enst. Yayınları. Genel yayın no: 46. Konya.

Ankara İli Beypazarı İlçesi Bazı Sulama Suları Kalitesinin Belirlenmesi ve Visual MINTEQ Modeli ile Jeokimyasal Türleşmelerin Tahmini

Determination of the Quality of Some Irrigation Waters in Beypazarı District of Ankara Province and Prediction of Geochemical Speciation Using the Visual MINTEQ Model

Sorumlu Yazar

Muhittin Onur AKÇA

moacka@ankara.edu.tr

 0000-0003-4540-9371

Yazar

Sonay SÖZÜDOĞRU OK

ok@agri.ankara.edu.tr

 0000-0002-4629-7140

Yazar

İlhami BAYRAMİN

bayramin@ankara.edu.tr

 0000-0001-7342-0178

Özet

Son derece sınırlı ve yenilenemeyen toprak ve su kaynakları, yanlış arazi kullanımları ve iklim değişikliği gibi faktörlerin etkisiyle hızla tükenmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yeraltı suları sulama için kritik bir kaynak olsa da düşük kaliteye sahip olması nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır. Bu çalışmada, Ankara ili Beypazarı ilçesinin kırsal alanlarından alınan sulama suyu örneklerinin su kalitesi bakımından kimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Visual MINTEQ jeokimyasal modeli kullanılarak yapılan iyon türleşme analizlerinde, serbest kalsiyum (Ca^{+2}) oranı %54.6 ile %72.8 arasında, sülfat (SO_4^{-2}) oranı ise %65.5 ile %73.1 arasında bulunmuştur. Sodyum (Na^{+}) iyonunun serbest formu %93.7 ile %98.4 arasında, magnezyum (Mg^{+2}) iyonunun serbest formu ise %59.7 ile %77.1 arasında değişim göstermiştir. Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçlarına göre, su örneklerinin kimyasal bileşimini belirleyen en önemli parametrelerin Ca, pH, SO_4 ve EC olduğu görülmüştür. Mineral doygunluk indeksi (SI)'ne göre ise dolomit $CaMg(CO_3)_2$ ve kalsit ($CaCO_3$) gibi minerallerin aşırı doymun olduğu, buna karşın halit (NaCl) ve jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) gibi minerallerin çözünme eğiliminde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, suyun yüksek tuzluluk içerdiğini ve sulama için bazı önlemler alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, Visual MINTEQ jeokimyasal modelinin iyon türleşmeleri ve mineral doygunluk hesaplamalarının, suyun sulamaya uygunluğu ve su-

Gönderilme Tarihi :

31 Ekim 2024

Kabul Tarihi :

06 Aralık 2024

kayaç etkileşim süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağladığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Su kalitesi, kimyasal türleşme, Visual MINTEQ

Abstract

Extremely limited and non-renewable soil and water resources are rapidly depleting due to factors such as improper land use and climate change. In arid and semi-arid regions, groundwater is a critical resource for irrigation, yet its low quality necessitates careful use. In this study, the chemical properties of irrigation water samples collected from rural areas of Beypazarı district, Ankara province, were analyzed in terms of water quality. Ion speciation analyses performed using the Visual MINTEQ geochemical model revealed that the free calcium (Ca^{2+}) ratio ranged from 54.6% to 72.8%, while the sulfate (SO_4^{2-}) ratio was between 65.5% and 73.1%. The free form of sodium (Na^+) ions was found to range from 93.7% to 98.4%, and the free form of magnesium (Mg^{2+}) ions varied from 59.7% to 77.1%. According to the Principal Component Analysis (PCA) results, the key parameters defining the chemical composition of water samples were identified as Ca, pH, SO_4 , and EC. Based on the Mineral Saturation Index (SI), minerals such as dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ and calcite (CaCO_3) were found to be supersaturated, while minerals like halite (NaCl) and gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) showed a tendency to dissolve. These findings indicate that the water has a high salinity content and requires specific precautions for irrigation use. The results of this study demonstrate that the Visual MINTEQ geochemical model's ion speciation and saturation index calculations contribute to a better understanding of water suitability for irrigation and water-rock interaction processes.

Keywords: Water quality, chemical speciation, Visual MINTEQ

Giriş

Sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği için, hali hazırdaki arazi kullanım planlamalarının gözden geçirilmesi ve yenilenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (FAO 2011). Büyük kaynaklar kullanılarak yapılan sulama, toprak koruma,

arazi kullanım planlaması ve toplulaştırma gibi yatırımların doğru yönetilmesi için toprakların kullanım potansiyelinin ortaya çıkarılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Uluslararası bir anket çalışmasından elde edilen veriler, arazi kullanım planlaması, su kaynakları ve yönetim politikalarının küresel iklim değişikliği ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermiştir (Kalfas vd. 2024).

Birçok ülkede, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin kırsal alanlarında iklim değişikliğinin hidrolojik döngü, su dengesi ve akış özellikleri üzerindeki etkisi ülke genelinde ve yerel düzeyde önemli bir stres faktörü haline gelmiştir (Kang vd. 2009). Bu tür bölgelerde yeraltı suyu genellikle tek sulama kaynağıdır. Genellikle sınırlı yağış ve yüksek buharlaşma oranı nedeniyle yeraltı suyunun kalitesinin düşük olmasına rağmen, sulama için büyük bir kısmı kullanılmaktadır (Jalali ve Kolahchi 2009).

İklim değişikliğinin etkisinin artması ile var olan suların değişen kalite değerleri daha da önem kazanmıştır. Kurak ve sıcak iklimlerde sulamaya elverişli su miktarı düşük olduğu gibi kalitesi de sulama açısından düşük olmaktadır. Sonuç olarak su kalite değerleri ve su miktarı var olan bitki üretim deseninin değişmesi gerekliliği kaçınılmazdır. Türkiye sanıldığı gibi su zengini bir ülke değildir. Günümüzde su sorunlarının yaşanmaya başladığı bir ülke durumuna gelmiştir. Bunun başlıca nedenlerinin topoğrafyadaki düzensizlikler nedeniyle kaynakların kontrol edilememesi, yağışların ve kaynakların bölgelere göre dengesiz dağılım göstermesi söylenebilir (Anonim 2006). Sudaki çözünebilir tuzların konsantrasyonu ve bileşimi, sulama kalitesini belirlemektedir. Sulama amaçlı su kalitesinin değerlendirilmesinde dört temel faktör bulunmaktadır: Bunlar, (i) tuzluluk (EC), (ii) sodyum tehlikesi (sodyum adsorpsiyon oranı-SAR), (iii) bakiye sodyum karbonatlar (RSC) ve (iv) iyon toksisitesidir. Bor ve klorürlerin bitkilere olan toksisiteleri de önem taşımaktadır. Sulama suyu kalitesinin toprağa ve bitkiye olan etkileri; toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, yetiştirilen bitkinin tuza dayanımına, bölgenin iklim özelliğine, uygulanan sulama yöntemine, sulama aralığına ve sulama suyu miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Rhoades 1972). Sulama sularının kalitesi, yeraltı suyunun nasıl çıkarıldığına ve kullanıldığına, yağış yoğunluğuna ve akifer beslemesine

bağlı olarak çeşitli bölge, ülke ve lokasyonlarda farklılık göstermektedir. Bu nedenle sulama suyunun kalitesinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Önümüzdeki süreçte tarımsal desenin yeniden belirlenmesi yoluyla gıda güvenliği için şimdiden tedbir alınmasını gerektirecek verilerin ortaya konulması önem taşımaktadır.

Suların mineral bileşiminin kimyası büyük ölçüde suların geçtiği ortamdaki kayalar ve suyun etkileşimine yani bölgenin jeolojik yapısına bağlıdır. Buharlaştırma nedeniyle çökeltme de yeraltı suyunun kimyasal bileşimini değiştirebilir ancak kayaç-su etkileşimi ana süreçtir çünkü katı fazlar yeraltı suyunun çözünmüş bileşenlerinin birincil kaynak ve depolarıdır (Elango ve Kannan 2007). Metal türlendirme çevresel bir örnekte farklı metal türlerini ve bunların oluşum biçimlerini tanımlama ve ölçme sürecidir. Analitik yöntemlerle tam türleşme hakkında bilgi sağlanması bilgisayar modellemeleri ile yapılan kadar basit ve kolay değildir. Sudaki iyonların konsantrasyonunun yanı sıra türleşme de su kalitesi açısından önemli bir etkidir. Bu konuda iyonların formlarını ortaya koymak için birtakım yazılımlar geliştirilmiştir. “Visual MINTEQ” yazılımı da bunlardan birisidir. Gerek suda gerekse topraklarda bulunan iyonların konsantrasyonu ve iyonik türü pH'nın bir fonksiyonu olarak ele alarak jeokimyasal yapıya bağlı su-kayaç etkileşimini modellemeyi sağlamaktadır (Gustafsson 2014). Bu yazılım doğal sular için metal türleşmesi, çözünürlük dengesi, adsorpsiyon vb. hesaplamalarına yönelik bir kimyasal denge modelidir. Bu model ile veri tabanından alınan denge sabitleri kullanılarak ortamda bulunan iyon türleşmesi belirlenebilmekte ve katı fazları içeren çözünürlük hesaplamaları gerçekleştirilebilmektedir (Benjamin 2015).

Ankara ili Beypazarı ilçesi, ilin büyük ölçüde meyve ve sebze ihtiyacını karşılamaktadır. Beypazarı'nda 2014 yılında tarla bitkileri tarımı 19603 da (%18.58), sebze tarımı 78080 da (%74.00) ve meyvecilik 7837 da (%7.43) alanda yürütülüp toplam sulanan alan 105520 dardır (Anonim 2016). İlçede hâkim sulama yağmurlama sulama yöntemidir ve sulamada genel olarak yeraltı suyu kullanılmaktadır. Ankara'nın ilçelerinde özellikle de Ayaş, Beypazarı, Polatlı, Kazan, Gölbaşı ve Çubuk ilçelerinde çoğunluğu sulama amaçlı olmak üzere çok sayıda kuyu açılmaktadır (Anonim 2017). İzinsiz açılan kuyular yeraltı

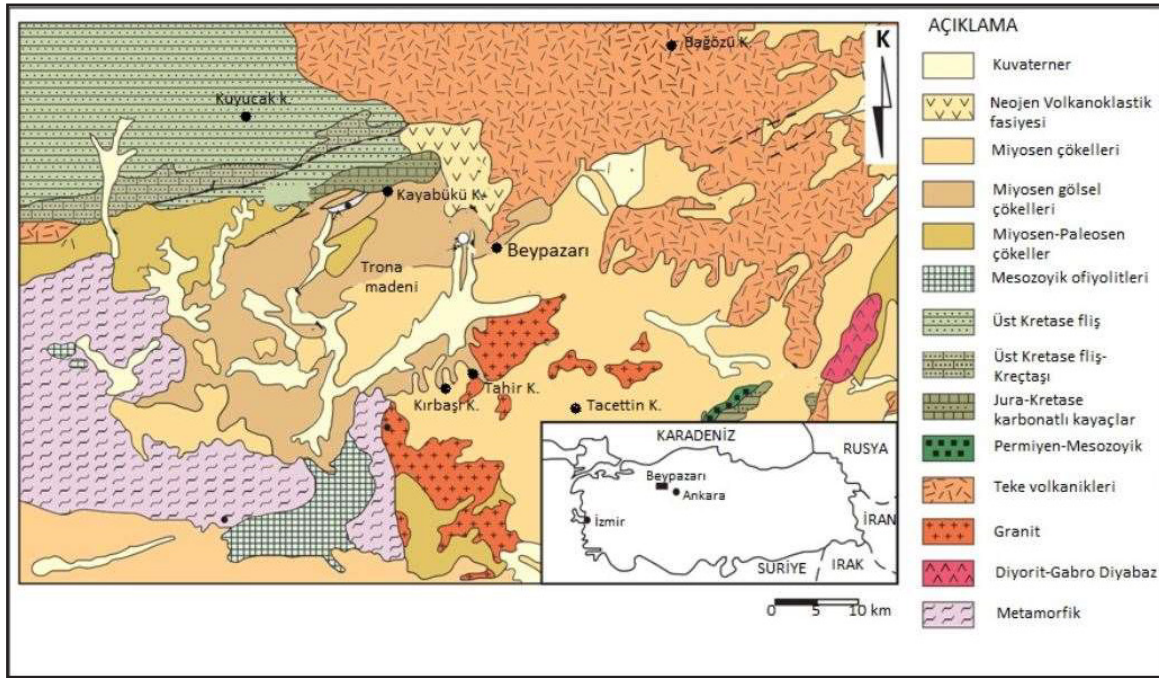
su seviyesini düşürmekte ve yüzey sularına göre daha temiz olan yeraltı sularını tüketmektedir.

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir arazi yönetim planlaması araştırması kapsamında Beypazarı ilçesinin kırsal alanından alınan sulama suyu örneklerinin su kalitesi bakımından mekânsal dağılımının değerlendirilmesi ve Visual MINTEQ versiyon 3.1 (Gustafsson 2014) jeokimyasal modeli kullanılarak suların içinde bulunan kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, klorür, sülfat, bikarbonat ve gibi kimyasal türleri belirlemeyi, mineral doygunluk indekslerini (SI) bulmayı ve hidrojeokimyasal süreçlerle (iyon değişimi, çözünme ve çökeltme) temsil edilen su-kayaç etkileşimlerini değerlendirmektir. Yoğun tarım yapılan bu ilçedeki su örneklerinin sulama sularının kalitesinin detaylı bir şekilde ortaya konulması su- toprak yönetiminin sürdürülebilirliği açısından önemli bir katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma Beypazarı ilçesine bağlı köylerde sürdürülebilir arazi yönetim planlaması projesinin bir bölümünde yer alan su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi kapsamında yürütülmüştür. Çalışma alanının jeolojik yapısı oluşumların Neojen yaşlı olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Oluşumların büyük bir kısmı tortul yapıdadır, geri kalan kısım ise volkanik kökenlidir. Bölgenin kuzeyinde neojen volkanoklastik fasiyesine ait volkanik kayalar görülmektedir. Miyosen çökelleri, kil, jips, kumtaşı, çakıtaşı, silttaşı araldanmalı olarak oluşmuştur. Miyosen ve Paleosen çökellerine ait çökeller ve jipsli görseller bulunmaktadır. Mesozoyik ofiyolitleri (ofiyolit, bir magmatik oluşumları sonucu oluşmuş kayaç) bulunmaktadır. Üst kretase flišler Beypazarı'nın kuzeybatı bölgesinde yer almaktadır. Genel olarak havzaya bakıldığında kuzeyde volkanikler, batıda metamorfikler, ortada görsel çökeller bulunmak üzere 3 grupta toplanmıştır. Kırbaşı Platosu üzerinde geniş bir alanda Üst Miosen birimleri yer almaktadır. Gri, yeşil, boz, sarı, sarımsı beyaz ve beyaz renkli, altta konglomera, kumtaşı, kilitaşı, üstte ise kireçtaşı ve jips yapılanmaları bulunmaktadır (Türkan 2013).



Şekil 1. Çalışma alanı ve jeolojik yapısı

2.2 Su Örneklerinin Alınması

Beypazarı ilçesi Kırbaşı, Kayabükü, Tacettin köyü ve Fasil köyleri çevresinden 5 adet (S1, S2, S3, S4, S5) su örneği alınmıştır. Su örneklerinin alındığı yerlerin koordinatları şu şekildedir: S1(40°44'91"D-44°24'18.4"K); S2 (40°27'54"D-44°27'77.3"K); S3 (40°39'78"D-44°24'18.4" K; S4 (39°96'61"D-44°27'44.2"K), S5 (40°20'90"D-44°39'71.6"K).

Araştırma alanındaki arazilerden alınan 5 adet yeraltı suyu örneği şişeler iyice kapatıldıktan sonra kutulara konulmuş ve kısa sürede laboratuvara nakledilmiştir ve +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Analiz yapılacağı zaman örnekler Whatman 42 filtre kâğıdından süzölmüş ve analiz için hazır hale getirilmiştir.

2.3 Su Kalitesi Analizleri

Sulama amaçlı kullanılacak sulara temel olarak yapılması gereken temel analizler: pH, elektriksel iletkenlik (EC), suda çözünebilir katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+}) ve suda çözünebilir anyon (HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-} ve B) analizleri

yapılmıştır (Richards, 1954). Sodyum (Na) ve potasyum (K) fleymfotometre, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ise EDTA ile titrimetrik olarak analiz edilmiştir. Anyonlardan klorür (Cl^{-}) gümüş nitrat titrasyonu, karbonat (CO_3^{-2}) ve bikarbonat (HCO_3^{-}) sülfürik asit titrasyonu ile belirlenmiş, sülfat (SO_4^{-2}) ise eriyebilir katyonların toplamından Cl^{-} , CO_3^{-2} ve HCO_3^{-} toplamının çıkartılması ile hesaplanmıştır. Analiz edilmiş olan Na^{+} , Ca^{+2} ve Mg^{+2} değerlerinden sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) hesaplanmıştır. Bor Azometin-H yöntemiyle yapılmıştır (Wolf 1971).

2.4 İstatistiksel Analiz

Her bir örnekleme noktasından elde edilen su kalitesi parametreleri arasındaki ilişkileri anlamak için Pearson Korelasyon Analizi ve Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmıştır. Elde edilen grafikler OriginPro 2021 yazılımı (OriginLab Inc., Northampton, MA, ABD) kullanılarak oluşturulmuştur. Sulama suyundaki değişkenlerin jeokimyasal türleşmesi Visual MINTEQ versiyon 3.1 kimyasal denge modeli kullanılarak belirlenmiştir (Gustafsson 2014).

Bulgular ve Tartışma

3.1 pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Suların pH değerleri 7.20-7.91 arasında değişmiştir. pH sınıflamasına göre nötr ile kuvvetli alkali sınıfları arasındadır (Tablo 1). Sulama amaçlı kullanım için örneklerin pH değerleri pH:6.5-8.5 arası uygun olarak kabul edilmektedir (Ayers ve Westcot 1994). S5 nolu örnek drenaj suyudur. Sulamada su kısıtlılığı ve küresel ısınma nedeniyle drenaj sularının sulamada kullanılması çoğu ülkede zorunluluk haline gelmiştir. Örneğin, ülkemizde Konya Ovası'nda drenaj suyu sulamada kullanılmaktadır (Çiftçi vd. 1995). Dolayısıyla su kalitesi açısından değerlendirilmesinde fayda vardır. Diğer yandan bazı araştırmacılar tarafından sulama suyunun pH'ı, toprak tarafından tamponlanma eğilimi nedeniyle toprak kalitesi açısından çok gerekli bir kriter olarak kabul edilmemektedir. Bitki açısından bakıldığında

da çoğu bitki geniş pH aralıklarını tolere etmektedir (Rhoades 1972).

Su örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 980 ile 9740 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ arasında değişmiştir (Tablo 1). Su örneklerinin tuzluluğa ilişkin analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına dayanılarak; tuzluluk zararı ve SAR değerlerine göre hesaplamalar yapılmış ve sınıflandırılmıştır. Buna göre, S2 nolu örnek hariç EC değerleri, Tuzluluk zararı $> 2250 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ olduğu için Çok Yüksek Tuzlu Su (T4) sınıfına girmekte olup çok fazla miktarda tuz içermektedir. Su örneklerinden S2 nolu örnek ise EC değeri $750-2250 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ arasında olduğu için Yüksek Tuzlu Su (T3) sınıfında bulunmaktadır. Su örneklerinin ilk 4'ü SAR değerleri 10'dan küçük olduğu için (SAR değeri 0-10 arasında) Düşük Sodyumlu Su (A1) sınıfında yer almaktadır. SAR değeri 10'nun üzerinde olan S5 nolu su örneği ise sodyum zararı açısından orta sodyumlu su (A2) sınıfında yer almaktadır.

Tablo 1. Su örneklerinin kimyasal özellikleri

Parametre	Su Örnekleri				
	S1	S2	S3	S4	S5
pH (25 ° C)	7.59	7.39	7.62	7.20	7.91
EC (25 ° C) ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$)	2305	980	2420	4020	9740
CO_3^{-2} (me/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO_3^- (me/L)	7.00	2.20	2.40	7.00	6.60
Cl^- (me/L)	4.00	0.20	0.40	10.00	26.60
SO_4^- (me/L)	14.74	14.02	29.27	31.86	92.25
Na^+ (me/L)	8.26	0.56	0.45	14.43	65.47
K^+ (me/L)	0.38	0.06	0.04	0.31	1.54
Ca^{++} (me/L)	11.48	8.20	26.56	15.48	24.44
Mg^{++} (me/L)	5.62	7.60	5.02	18.64	34.00
Ca+Mg (me/L)	17.10	15.80	31.58	34.12	58.44
SAR	2.82	0.199	0.113	3.494	12.11
Bor – B (ppm)	0.086	0.184	0.076	0.054	0.080
Suyun Sınıfı	T4A1	T3A1	T4A1	T4A1	T4A2

Özellikle drenaj koşullarının yeterli olmadığı yerlerde kullanılmamalıdır. Düşük Sodyumlu Su (A1) sınıfında bulunduğu için her toprak ve bitki için uygundur. Sodyum sorunu doğurmadan sulamada kullanılabilir. Sadece sodyuma hassas bitkilerin sulanmasında dikkatli davranılmalıdır. Elde edilen bütün bu tespitler doğrultusunda S1, S3 ve S4 nolu örnekler sulama suyu kalitesi açısından T4A1 (Çok Yüksek Tuzlu – Düşük Sodyumlu Sulama Suyu) sınıfında olup, normal koşullarda sulamaya uygun değildir. Ancak drenajın ve toprak geçirgenliğinin çok iyi olduğu topraklarda, tuza çok dayanıklı bitkiler yetiştirilmesi (Richards 1954) ve damla sulama yöntemi tercih edilerek kullanılabilir.

Örneklerden S5 nolu su örneği EC değerine (9740 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$) göre Tuzluluk zararı $> 2250 \mu\text{mhos cm}^{-1}$; Yüksek Tuzlu Su (T4) sınıfında bulunmakta olup çok fazla miktarda tuz içermektedir. Normal şartlarda sulamaya uygun değildir. Su kısıtı olan yerlerde toprakların fazla geçirgen olması, uygun drenajın sağlanması, yıkamanın fazlaca uygulanması ve tuza çok dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi gibi tedbirlerle kullanılabilir.

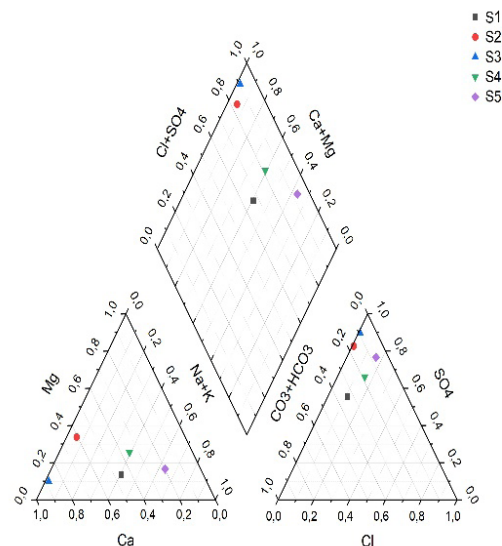
Görüldüğü gibi sulara tuzluluk fazla, alkalilik daha düşüktür. Aslında S5 nolu örneğin değerleri 1,3 ve 4'ten daha büyük olmasına rağmen aynı sulama suyu sınıfı kalitesi grubunda yer aldığı görülmektedir. Beypazarı'nda ilçenin kuzey ve güney bölgeleri ile Kırmir Çayı alüvyonlarında iyi kalitede, batıda neojenin tuzlu jipsli birimlerinde kötü kalitede suların çıktığı belirtilmiştir. Kırbaşı, Kayabükü, Tacettin köylerine yakın alanlardan alınan su örneklerinde sulama suyu kalitesi T2A1 ve T3A1 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Eltan 2007). Bu çalışmada suların düşük kalitede olmasının nedeninin jeolojik yapıyla ilişkili olduğu görülmektedir.

3.2 Toplam Katyon ve Anyon

Su örneklerinin toplam katyon ve anyon dağılımı (me/L) sıralaması değişim göstermekle birlikte, katyonlardan Ca'nın baskın olduğu, bunu sırasıyla Na, Mg ve K'nın izlediği görülmüştür. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı suyu genellikle tek sulama kaynağıdır ve kalitesi genellikle sınırlı yağış ve yüksek buharlaşma oranları nedeniyle düşüktür. Bu tür sular, çoğunlukla kalsiyum (Ca^{+2}) ve sodyum (Na^{+})

iyonları gibi büyük miktarlarda çözünür tuzlar içerebilir (Jalali ve Kolahchi 2009). Anyonlardan SO_4^{-2} baskın durumda olup HCO_3^{-} ve Cl^{-} sırasını izlediği görülmektedir (Tablo 1). Sulama suyu pH değeri 8.2'den düşük olması halinde karbonat miktarı çok az olmalı ya da hiç bulunmamalıdır. Su örneklerinin pH'ları 8.3'ten düşük olduğu için CO_3^{-2} iyonu belirlenmemiştir. HCO_3^{-} iyonları, Cl^{-} iyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

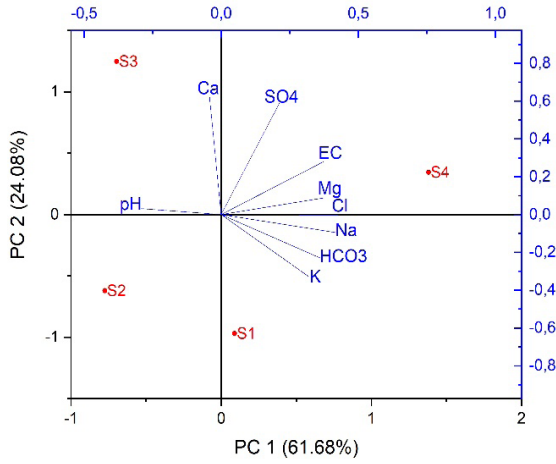
Su analizlerinde elde edilen temel katyon ve anyonlar ile oluşan genel kimyasal kompozisyonu ve oranları göstermek için "Piper Diyagramı"ndan faydalanılmıştır (Şekil 2). Piper diyagramı kısaca şu şekilde ifade edilmektedir. Bu diyagram, anyon ve katyonların ayrı ayrı gösterildiği iki eşkenar üçgen ve tüm iyonların birlikte gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Eşkenar bir üçgenin her kenarı 50 eşit parçaya bölünmüştür. Diyagram çizilirken, birinci üçgenden esas anyonlar (SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} ve Cl^{-}), ikinci üçgenden ise esas katyonlar (Ca^{+2} , Mg^{+2} ve $\text{Na}+\text{K}$)'dan faydalanılmaktadır. Merkez kısım ise katyon ve anyon konsantrasyonlarının birleşiminden oluşan genel kimyasal kompozisyonu göstermektedir. Elde edilen diyagram, çalışmada kullanılan su örneklerindeki temel anyon ve katyonların (me/L) oranları kullanılarak oluşturulmuştur. Piper diyagramında iyon miktarları her zaman % olarak ifade edilmektedir (Piper 1944).



Şekil 2. Su örneklerinin Piper diyagramına göre bileşenlerinin dağılımı (%)

Şekil 2'deki Piper diyagramındaki veriler, S1 nolu örneğin yüksek Na+K oranı (%0.4) ile sodyum ve potasyumlu minerallerin çözünmesini, S2 nolu örneğin yüksek $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ oranı (%0.6) ile karbonatlı minerallerin çözünmesi veya yeraltı sularının karbonat bakımından zengin olduğu göstermektedir. S3, S4 ve S5 nolu örnekler daha dengeli iyon dağılımlarına sahiptir. Bu farklılıklar, suyun kimyasal bileşimindeki jeolojik ve çevresel faktörlere dayalı değişiklikleri yansıtmaktadır.

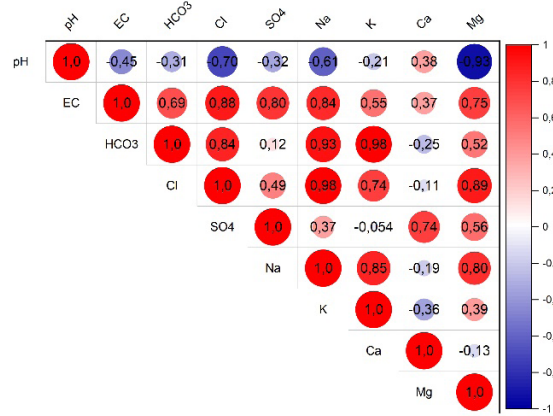
Örneklerin (S1, S2, S3 ve S4) temel bileşen analizi (PCA) değerlendirmeleri Şekil 3a'da gösterilmiştir. PCA grafiğinde, PC1 toplam varyansın %61.68'ini, PC2 %24.08'ini ve iki bileşen birlikte %85.76'luk bir varyansı açıklamaktadır. Sülfat, EC, Mg ve Cl gibi parametreler PC1 üzerinde sağa doğru (+) yoğunlaşarak bu bileşen üzerinde büyük bir etki göstermektedir. S4 nolu örnekte bu parametrelerin birlikte arttığı görülmektedir.



Şekil 3a. S1, S2, S3, S4 nolu örneklere ait temel bileşenler

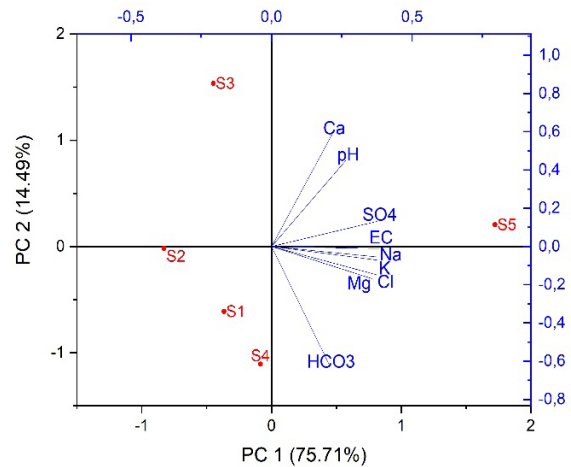
Örneklerin (S1, S2, S3 ve S4) korelasyon matrisi değerleri Şekil 3b'de gösterilmiştir. Bu matris bakıldığında, HCO_3 ve K (0.98), Cl ve Na (0.98) arasındaki yüksek pozitif korelasyon, pH ve Mg arasındaki yüksek negatif korelasyon (-0.93) olduğu görülmektedir. Korelasyon katsayısı 0.5'in üzerinde olan diğer çiftler, örneğin EC ve SO_4 (0.80) ve Cl ve HCO_3 (0.84), orta-yüksek ilişki

göstererek bu değişkenlerin belirli çevresel veya kimyasal süreçlerde birlikte etkileşime girebileceğini göstermektedir.

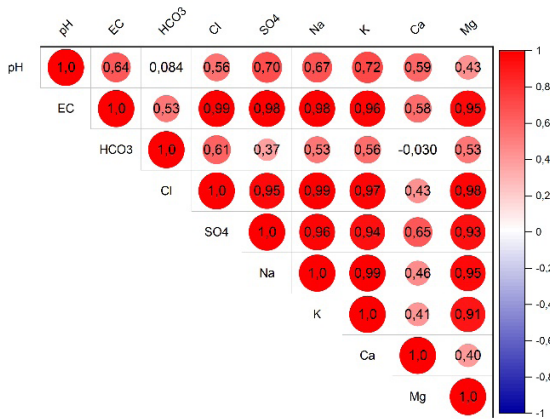


Şekil 3b. S1, S2, S3, S4 nolu örneklere ait korelasyon matrisi

Örneklerin (S1, S2, S3, S4 ve S5) temel bileşen analizi (PCA) değerlendirmeleri Şekil 4a'da gösterilmiştir. PCA grafiğinde, PC1 toplam varyansın %75.71'ini, PC2 %14.49'unu ve iki bileşen birlikte %90.20'lik bir varyans açıklamaktadır. PC1 üzerinde Ca, pH, SO_4 , EC gibi parametreler sağa doğru (+) yoğunlaşarak bu bileşen üzerinde büyük bir etki göstermektedir. S5 örneğinin diğer su örneklerine göre çok daha yüksek EC değeri nedeniyle diğer 4 örneğin kimyasal içerik ayrıcalığını görmek için ayrıca PCA analizi yapılarak değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4a. S1, S2, S3, S4, ve S5 nolu örneklere ait temel bileşenler



Şekil 4b. S1, S2, S3, S4 ve S5 nolu örnekler için korelasyon matrisi

Örneklerin (S1, S2, S3, S4 ve S5) korelasyon matrisi değerleri Şekil 4b'de gösterilmiştir. Öne çıkan yüksek pozitif korelasyonlar arasında, EC ve Cl (0.99), Na ve K (0.99), K

ve Cl (0.97) ve SO₄ ve Na (0.96) görülmektedir; bu durum bu iyonların birlikte artış gösterme eğiliminde olduklarını işaret etmektedir. pH ve Mg arasındaki 0.43'lük düşük pozitif korelasyon ise, bu iki değişkenin aynı yönde ancak daha zayıf bir korelasyon sergilediğini göstermektedir. Ca ve SO₄ arasında gözlemlenen 0.65'lik orta düzeyde pozitif korelasyon, bu iyonların birbiriyle uyumlu artış gösterme potansiyeline işaret etmektedir.

Visual MINTEQ Modeli ile Kimyasal Denge Hesaplaması

Visual MINTEQ version 3.1 yazılımı kullanılarak hesaplanan tahmini toplam anyon, katyon ve yük farkı değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Su örneklerinde çözülmüş bulunan iyonların konsantrasyonu en yüksekte düşüğe göre şu şekilde sıralanmaktadır: S5>S4> S3>S1>S2. Örneklerden S2 nolu örnek diğer örnekler göre daha az çözülmüş, S5'te diğerlerine göre daha çok toplam çözülmüş madde içermektedir. Katyon ve anyon yükleri arasındaki denge farkı Tablo 2'den görüldüğü gibi <5'ten düşüktür.

Tablo 2. Su örneklerinin visual MINTEQ programı ile hesaplanan kimyasal parametreleri

Yük	S1	S2	S3	S4	S5
Σ Katyon (eq kg ⁻¹)	2.1401E-02	1.2434E-02	2.1655E-02	3.8228E-02	9.7065E-02
Σ Anyon (eq kg ⁻¹)	2.1488E-02	1.2540E-02	2.1785E-02	3.8228E-02	9.7493E-02
Yük farkı (%)	0.203161	0.422	0.2978	0.291721	0.219599

3.4 Elementlerin Jeokimyasal Türleşmesi

Sulama sularında bulunan iyonların türleşmelerinin değerlendirilmesi ve mineral doygunluk indekslerini belirlemek amacıyla su örneklerine ait kimyasal parametreler

(denge çözeltisi pH değerleri ve katyon ve anyonların toplam konsantrasyonu) (Tablo 1) Visual MINTEQ yazılımına girilmiştir. Bu model tarafından simüle edilen çeşitli türlerin dağılımı (%) Tablo 3'te, minerallerin doygunluk indeksleri ise Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Su örneklerindeki başlıca iyon türleri (%)

Türler	İyon Türleri	Su örnekleri				
		S1	S2	S3	S4	S5
Kalsiyum türleri (%)						
Serbest iyon	Ca ²⁺	72.91	72.80	66.14	66.59	54.63

İnorganik	CaCl ₂ +	0.368	0.02	0.031	0.704	1.182
	CaSO ₄ (sulu)	22.99	25.96	32.75	30.13	42.33
	CaHCO ₃ +	3.109	1.075	0.882	2.378	1.348
	CaCO ₃ (sulu)	0.619	0.138	0.185	0.184	0.493
Sodyum türleri (%)						
Serbest iyon	Na⁺	98.14	98.38	97.45	96.99	93.76
İnorganik	NaCl (sulu)	0.138	--	0.013	0.308	0.676
	NaSO ₄ ⁻	1.474	1.53	2.449	2.487	5.377
	NaCO ₃ ⁻	0.019	---	----	---	0.029
	NaHCO ₃ (sulu)	0.229	0.076	0.073	0.205	0.152
Magnezyum türleri (%)						
Serbest iyon	Mg⁺²	77.08	77.12	71.10	71.09	59.7
İnorganik	MgCl ₂ +	0.616	0.034	0.053	1.192	2.047
	MgSO ₄ (sulu)	19.31	21.84	27.96	25.55	36.75
	MgCO ₃ (sulu)	0.328	0.073	0.1	0.098	0.27
	MgHCO ₃ +	2.647	0.917	0.763	2.045	1.186
	Mg ₂ CO ₃ +2	--	--	---	--	0.026
Potasyum türleri (%)						
Serbest iyon	K⁺¹	97.96	98.02	96.85	96.50	92.49
İnorganik	KCl (sulu)	0.137	1.963	0.013	0.306	0.667
	KSO ₄ ⁻	1.895	----	3.136	3.187	6.834
Bor türleri (%)						
Serbest iyon	H₃BO₃	77.08	98.12	96.40	98.59	92.32
İnorganik	CaH ₂ BO ₃ +	0.316	0.153	0.676	0.143	0.754
	NaH ₂ BO ₃ (sulu)	0.024	---	---	0.016	0.32
	H ₂ BO ₃ ⁻	2.615	1.631	2.835	1.137	5.922
	MgH ₂ BO ₃ +	0.098	0.09	0.082	0.11	0.683
Karbonat türleri (%)						
Serbest iyon	CO₃⁻²	0.276	0.16	0.303	0.119	0.765
İnorganik	HCO ₃ ⁻	90.95	89.12	89.11	84.74	88.41
	H ₂ CO ₃ * (sulu)	4.404	7.004	3.958	9.6	1.8
	MgCO ₃ (sulu)	0.125	0.117	0.1	0.117	0.693
	MgHCO ₃ +	1.013	1.463	0.765	2.442	3.045
	CaHCO ₃ +	2.456	1.87	4.746	2.387	2.515
	CaCO ₃ (sulu)	0.489	0.241	0.995	0.185	0.919
	NaCO ₃ ⁻	0.021	0.018	---	0.013	0.293

	NaHCO ₃ (sulu)	0.261	---	0.013	0.384	1.524
	Mg ₂ CO ₃ +2	--	--	--	--	0.034
Klorür türleri (%)						
Serbest iyon	Cl⁻	98.75	98.93	98.61	97.90	96.46
İnorganik	CaCl ₂	0.526	0.41	1.036	0.544	1.29
	MgCl ₂	0.427	0.63	0.329	1.095	0.038
	KCl (sulu)	0.013	0.02	---	---	1.663
	NaCl (sulu)	0.284	--	0.015	0.444	0.860
Sülfat türleri (%)						
Serbest iyon	SO₄⁻²	73.09	72.99	65.52	68.26	67.54
inorganik	MgSO ₄ (sulu)	7.273	11.698	4.719	14.77	13.38
	CaSO ₄ (sulu)	17.88	15.16	29.66	14.64	11.20
	NaSO ₄ ⁻	1.654	0.122	0.075	2.256	7.642
	KSO ₄ ⁻	0.098	0.017	---	0.062	0.227

Su örnekleri Ca türleri açısından incelendiğinde; S1, S2, S3, S4 ve S5 için Ca'nın baskın formunun, yani çözülmüş Ca'nın sırasıyla %72, %72.8, %66.1, %66.6 ve %54.6'ü serbest Ca⁺² iyonlarından oluştuğu görülmektedir. Kalsiyum, suların çoğunda büyük ölçüde çözünür. Baskın inorganik tür, örneklerin hepsinde sulu kalsiyum sülfat (CaSO₄)'tır ve örneklerde bulunuş sırası S5>S3>S4>S2>S1 olup çokluğu ise %42.3, %32.8, % 30.1, %26 ve %23'dür. Daha sonra Ca'nın HCO₃⁻ formu (%1.08-3.11) gelmektedir. Sodyumun serbest iyonları (Na⁺), suda en kolay çözünebilir kimyasal türüdür. Su örneklerinde (S1, S2, S3, S4 ve S5) sırasıyla çözülmüş Na'nın yaklaşık %98.1, %98.4, %97.5, %97 ve %93'ünü oluşturmuştur. Görüldüğü gibi su örneklerinin serbest Na (%)'si diğer formların (%) sine göre çok yüksektir. S1, S2 ve S3 benzer, S4 bu örneklere yakın, S5 nolu örnek ise biraz daha düşüktür. Yine örneklerde bulunan diğer inorganik türlere göre baskın tür formu sodyum sülfattır (Na₂SO₄). Bu oran (%) 5.38-1.47 arasında değişmektedir. Sodyum sülfat formunun S1 ve S2 nolu örneklerdeki değerleri birbirine benzer, S3 ve S4 nolu örneklerin değerleri birbirine yakın, S5 nolu örneğin değerinin ise diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sulu NaCl (örnek S2 hariç), sulu Na₂CO₃ türleri (örnek S2, S3 ve S4 hariç) diğer örnekler için

%1'in altındadır. Sulu sodyum klorür (%) S2 nolu örnekte bulunmamıştır, S3 de ise çok düşük bulunmuştur, S1 ve S3, S4 ve S5 için %0.13-%0.30 arasında değişmiştir. Sulu NaHCO₃ %0.07-0.22 arasında değişmiştir. Özetlersek, oransal olarak inorganik türlerin (%)'si serbest Na (%)'sine göre çok düşüktür. Potasyum, sodyum gibi suda çözünür olma eğilimindedir. Potasyumun, %92-98-'ünün serbest (K⁺), %0.13-%1.96'sinin klorür, %0-6.83 sülfat olarak bulunduğu görülmektedir. Doğal bir su sisteminde, çözülmüş magnezyum (+2) oksidasyon durumunda bulunur. Yeraltı suyu örneklerindeki Mg türleşmesinde Mg'un %71-77'si serbest formda (Mg⁺²), SO₄⁻² (%19.31-36.8) ve HCO₃⁻ (%0.92-2.65) formları da Mg'un inorganik formunda bulunmaktadır. İnorganik türler kompleksinde CO₃⁻² formları çok düşüktür, buna karşılık diğer anyonik formlar, Cl⁻>HCO₃⁻> SO₄⁻² sırasını (%98.8-96.4) (%90.95-84.74) ve (%73.09-65.52) oranları ile izlemiştir. Karbonat formları arasında karbonattan ziyade HCO₃⁻ (%90) formu hakimdir, H₂CO₃>CaHCO₃>MgHCO₃ sırasını izlemiştir. CaCO₃, MgCO₃ ve Na₂CO₃ formlarının çözülmüş miktarları çok düşük oranlardadır. Sülfat türleşmesi, sülfatın ana sulu formunun serbest sülfat iyonu (SO₄⁻²) olduğunu göstermiştir. Bu inorganik türler çeşitli koşullar altında bulunuş olarak CaSO₄ > Na₂SO₄ >

$MgSO_4 > K_2SO_4$ sırasını izlemiştir (Tablo 3). Örneklerdeki $CaSO_4$ dağılımı (%) $S3>S1>S2>S4>S5$ şeklindedir. Ibrahim ve Nofal (2020), yeraltı suyunun kalite ve hidrojeokimyasının belirlenmesinde Visual Minteq yazılımı kullanarak jeokimyasal türleri belirlemişler ve Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^- , F^- , HCO_3^- , ve Fe^{+2} nin serbest iyonlar halinde dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Obiefuna ve Orazulike (2010) Nijerya'da yeraltı suları ile yaptıkları çalışmada iyon türlerini Visual Minteq yazılımı ile belirlemişlerdir.

3.5 Su-Kaya Etkileşim Süreçleri

Bir suyun içindeki kayaç veya minerallerin yaklaşık olarak anahatlarının belirlenmesi ve ayrıca yeraltı suyunun jeokimyasal evriminden sorumlu kimyasal reaksiyonların tanımlanması ile suda meydana gelen çözünme ve çökeltme reaksiyonları değerlendirilebilir (Ibrahim vd. 2019). Doymunluk indeksleri (SI), akifer matrisindeki su ve mineraller arasındaki dengeyi

belirlemede yardımcı olur. SI, hangi minerallerin yeraltı suyuna veya yeraltı suyundan çözüldüğünü veya çökeldiğini, yeraltı suyu yapısına hakim olduğunu veya jeokimyasal reaksiyonlara hakim olduğunu göstermeye yardımcı olur. Doymunluk durumları, iyon aktivite ürününün (su örneklerindeki aktiviteler) ve çözünürlük ürününün (dengedeki aktiviteler) karşılaştırılmasıyla belirlenir (Appelo ve Postma 2005). Mineral doymunluk durumları, "Visual MINTEQ" modelleme yazılımında yer alan bir hesaplama ile yapılmıştır (El Gammal ve Ibrahim 2017). Minerallerin doymunluk indeksi değerlerine göre su örneklerinin 4'ünde (S1, S3, S4 ve S5) dolomit ordered, dolomit disordered, kalsit, aragonit ve vevaterit ile aşırı doymunluk görülmektedir (pozitif değerler doymunluğu göstermektedir), S2 ise dolomit $CaMg(CO_3)_2$ aşırı doymundur (Tablo 4). Bu minerallerle aşırı doymunluk, bu fazların muhtemelen kimyasal reaksiyonlara katılmadığını ve ayrıca doymunluk indeksinin eski minerallerin çökmesini ortaya koyduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Doymunluk indeksi (SI) değerleri

Örnek No	S1	S2	S3	S4	S5
Mineral	Doymunluk indeksi (SI)				
Anhidrit	-0.877	-0.971	-0.358	-0.626	-0.273
Aragonit	0.669	-0.129	0.509	0.275	0.909
Brusit	-4.885	-5.116	-4.938	-5.253	-3.758
$CaCO_3 \cdot xH_2O(s)$	-0.523	-1.321	-0.683	-0.918	-0.285
Kalsit	0.813	0.015	0.653	0.419	1.053
Dolomit (disordered)	0.915	-0.402	0.188	0.521	1.863
Dolomit (ordered)	1.465	0.148	0.738	1.071	2.413
Epsomit	-3.405	-3.22	-3.295	-2.762	-2.344
Jips	-0.628	-0.722	-0.11	-0.378	-0.027
Halit	-6.191	-8.64	-8.472	-5.596	-4.589
Huntit	-1.572	-3.93	-3.434	-1.965	0.792
KCl(s)	-6.88	-8.963	-8.877	-6.617	-5.575
Kireçtaşı	-20.193	-20.703	-19.839	-20.955	-19.533
Magnezit	-0.498	-1.018	-1.065	-0.497	0.210
Vaterit	0.246	-0.551	0.087	-0.148	0.487

*pozitif değerler: aşırı doymun, negatif değerler: doymun değil

Diğer değerler (negatif) suyun doymun olmadığı mineralleri göstermektedir. Bunlar jips, florit, halit (NaCl) gibi minerallerdir (Tablo 4). Bu minerallerin çevresel koşulların değişmesine bağlı olarak çözünmesi muhtemel olabilir. Yeraltı suyunun kalsit ile doymunluğu, ortak iyon etkisi veya bunun neden olduğu çökeltme olarak bilinen durumu ifade eder (Langmuir 1997). Bu durum kurak iklimlerde jipsin çözünmesiyle açığa çıkan Ca^{+2} 'nin daha fazla kalsitin çökeltmesine ve yeraltı suyunun kalsit ile aşırı doymunlaşmasına yol açtığını göstermektedir (Edet vd. 2004). Karbonat aşırı doymunluğu, silikat aşınma süreçlerinden kaynaklanan aşırı Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyon girdisinden kaynaklanıyor olabilir. Ibrahim ve Nofal (2020), Mısır'da yaptıkları bir çalışmada üç ayrı alandaki yeraltı suyu örneklerinin doymunluk indekslerini belirlemişler ve kalsit, aragonit, magnezyoferrit, gipsit, ferrihidrit, götit, hematit gibi mineraller açısından aşırı doymun olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışma, Beypazarı ilçesinden alınan sulama suyu örneklerinin düşük kaliteli olduğunu ve yüksek tuzluluk içeriği nedeniyle sulama amaçlı kullanımda dikkatli olunması gerektiğini ortaya koymuştur. Visual MINTEQ modelleri ve mineral doymunluk indeksleri, suyun bileşiminde özellikle Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonlarının yoğun çözünürlük gösterdiğini ve bu iyonların yüksek biyoyararlılığa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Dolomit ve kalsit gibi minerallerin aşırı doymun olması, suyun jeolojik yapının etkisi altında kimyasal özellikler kazandığını doğrularken, halit ve jips gibi minerallerin çözünme eğiliminde olması nedeniyle sulama sırasında özel önlemler alınmasının gerekliliği ortaya konulmuştur. Suyun kalitesini etkileyen jeokimyasal faktörler, sürdürülebilir tarım ve su kaynaklarının korunması açısından önemlidir. Bu kapsamda, Visual MINTEQ modellemesinin iyon türleşmeleri ve mineral doymunluk değerlendirmelerinde sağladığı detaylarla su-kayaç etkileşimleri ve su kalitesi üzerinde kısa sürede katkı sağladığı belirlenmiştir.

Yazar Katkısı: Bu makale Ankara Üniversitesi BAP tarafından desteklenen Proje No: 15Ö0447001: "Ankara'nın Köyleri Tarımsal Arazi Kullanım Planlaması"

başlıklı, Bilimsel Araştırma Projesinin bir bölümünden üretilmiştir. Yazarlar konunun projelendirilmesi ve değerlendirilmesinde ortak rol almışlardır.

Kaynaklar

- Anonim, (2006). Beypazarı meteoroloji istasyonu meteorolojik verilerin 1975-2005 yılları arasındaki değerleri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 2-3.
- Anonim, (2016). Ankara ve Tarım. Ankara Kalkınma Ajansı. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/>
- Anonim, (2017). Ankara ili 2016 yılı çevre durum raporu. Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Appelo, C.A.J. & Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution* (2nd ed.). London, United Kingdom, Taylor and Francis.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1994). *Water Quality For Agriculture*. FAO, Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Reprinted 1989, 1994. Roma.
- Benjamin, M. M. (2015). *Water Chemistry*. Waveland Press, pp.907.
- Çiftçi, N., Kara, M., Yılmaz, M. & Uğurlu, N. (1995). Konya Ovasında drenaj suları ile sulanan arazilerde tuzluluk ve sodyumluluk sorunları. 5. *Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri*, 30: 471-481.
- Edet, A.E., Merkel, B.J., & Offiong, O.E. (2004). Contamination risk assessment of fresh groundwater using the distribution and chemical speciation of some potentially toxic elements in Calabar (Southern Nigeria). *Environmental Geology*, 45: 1025-1035.
- El Gammal, H.A. & Ibrahim, L.A. (2017). Assessment of groundwater quality for different uses case study: El Minya governorate. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 214: 1-20.
- Elango, L. & Kannan, R. (2007). Rock-Water Interaction and Its Control on Chemical Composition of Groundwater. Chapter 11. *Developments in Environmental Science*, 5: 229-243.
- Eltan, E. (2007). Ankara İli ve İlçelerinde Yeraltı Sularının

- Sulama Kalitesi. Ançeva Yayın, No: 9, Ankara.
- FAO (2011). Climate Change, Water and Food Security, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gustafsson, J.P. (2014). Visual MINTEQ, version 3.1. KTH Department of Land and Water Resources: Stockholm, Sweden.
- Ibrahim, R.G.M., Korany, E.A., Tempel, R.N. & Gomaa, M.A. (2019). Processes of water–rock interactions and their impacts upon the groundwater composition in Assiut area, Egypt: Applications of hydrogeochemical and multivariate analysis. *Journal of African Earth Sciences*, 149: 72–83.
- Ibrahim, L.A. & Nofal, E.R. (2020). Quality and hydrogeochemistry appraisal for groundwater in Tenth of Ramadan Area Egypt. *Water Science*, 34(1): 50–64.
- Jalali, M.. and Z. Kolahchi. 2009. Effect of irrigation water quality on the leaching and desorption of phosphorous from soil. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 5: 576–589.
- Kalfas, D., Kalogiannidis, S., Papaevangelou, O. & Chatzitheodoridis, F. (2024). Assessing the Connection between Land Use Planning, Water Resources, and Global Climate Change. *Water*, 16(2): 333.
- Kang, Y., Khan, S. & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security–A review. *Prog Nat Sci.*, 19: 1665–1674.
- Langmuir, D. (1997). Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 601
- Obiefuna, G.I. & Orazulike, D.M. (2010). Physicochemical characteristics of groundwater quality from Yola Area, Northeastern Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, 14(1): 5–11.
- Piper, A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25: 914–928.
- Rhoades, J. D. (1972). Ouality of water for irrigation. *Soil Science*, 113(4): 277–284.
- Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook 60.
- Türkan, O. (2013). Beypazarı ilçesinde jeomorfolojik birimler ile arazi kullanım ilişkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(1): 53–68.
- Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2: 363–374.