

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

MUSTAFA KEMAL UNIVERSITY

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES

Uluslararası Hakemli Bilimsel Dergi / An International Peer Reviewed Scientific Journal



Mustafa Kemal Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences
e-ISSN:2667-7733

Sahibi/Publisher

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi adına
Prof.Dr. Okan ŞENER, Dekan

On behalf of the Faculty of Agriculture, Hatay Mustafa Kemal University
Prof.Dr. Okan ŞENER, Dean

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
31034 Antakya-Hatay/TURKIYE
Tel: (+90).326.2455845
Fax: (+90).326.2455832
e-mail: zfdergi@mku.edu.tr

Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, yılda üç sayı olarak yayınlanmakta ve
“CAB Abstracts ve Ebsco Discovey Service” veri tabanı tarafından taranmaktadır. Her makale 2 hakem tarafından
incelenmektedir.

*Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences is published three a year and abstracted/indexed in “CAB
Abstracts and Ebsco Discovey Service” databases. Each manuscript is evaluated by two referees.*

Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi

Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences

e-ISSN:2667-7733

Cilt/Volume: 24, Sayı/Number: Özel Sayı/Special Issue, 2019

Baş Editör / Editor in Chief

Prof.Dr. Soner SOYLU, Hatay Mustafa Kemal University, Turkey

Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

Prof.Dr. Erdal SERTKAYA, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Ömür BAYSAL, *Muğla Sıtkı Koçman Uni., Turkey*

Assoc. Prof.Dr. Young-Joon CHOİ, *Kunsan National Uni., South Korea*

Dr.Öğr.Üyesi Murat ÖZTÜRK, *Yozgat Uni., Turkey*

Prof.Dr. Elif ÇANDIR, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Dr. Volkan ÇEVİK, *Uni. of Bath, U.K.*

Dr. Öğr.Üyesi Ahsen Eren ÖZDEN, *Iğdır University, Turkey*

Prof.Dr. Murat KAÇIRA, *The Uni. of Arizona, USA*

Doç.Dr. Gürkan Alp Kaan GÜRDİL, *Ondokuzmayıs Uni., Turkey*

Prof.Dr. Mevlüt GÜL, *Isparta Uygulamalı Bilimler Uni., Turkey*

Prof.Dr. K. Mesut ÇİMRİN, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof. Dr. Mehmet Rüştü KARAMAN, *Afyon Kocatepe Uni., Turkey*

Prof.Dr. Nesrin YILDIZ, *Atatürk Uni., Turkey*

Prof.Dr. Mustafa Y. CANBOLAT, *Atatürk Uni., Turkey*

Prof.Dr. Ahmet ŞAHİN, *Ahi Evran Uni., Turkey*

Dr.Öğr.Üyesi. Aziz GÜL, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Ahmet Esen ÇELEN, *Ege Uni., Turkey*

Prof.Dr. W. Young PARK, *Fort Valley State Uni., USA*

Prof.Dr. Gülsün Akdemir EVRENDİLEK, *Bolu İzzet Baysal Uni., Turkey*

Doç. Dr. Zafer ERBAY, *Adana Alpaslan Türkeş Bil. Tek. Uni., Turkey*

Prof.Dr. Fatih EVRENDİLEK, *Bolu İzzet Baysal Uni., Turkey*

Dr. Carlos A. UTHURRY WEINBERGER, *Universidad Nacional de Río Negro, Argentina*

Yayın Kurulu / Associate Editorial Board of Sections

Prof.Dr. Kazım MAVİ, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Şerafettin KAYA, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Erdal DAĞISTAN, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Zehra GÜLER, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Doç.Dr. Cahit ERDOĞAN, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Doç.Dr. Cengiz KARACA, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Prof.Dr. Ali KAYGISIZ, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Uni., Turkey*

Prof.Dr. İzzet AKÇA, *Ondokuz Mayıs Uni., Turkey*

Prof.Dr. Fatih ŞEN, *Ege Uni., Turkey*

Asistan Editörler Kurulu / Assistan Editorial Boards

Arş.Gör. Cenk Burak ŞAHİN, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Arş.Gör. Merve KARA, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Arş.Gör. Mücahide KÖKSAL, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Arş.Gör. Ahmet Duran ÇELİK, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Yabancı Dil Editörü / Language Editor

Dr. Alim Koray CENGİZ, *Hatay Mustafa Kemal Uni., Turkey*

Grafik Tasarımcısı / Graphics Designer

Uğur CAN

Araştırma Makalesi / Research Article

Design of an Arduino based digital psychrometric device Ünal KIZIL Sefa AKSU	1-8
Agricultural residues potential of Hatay Cengiz KARACA	9-15
Effect of different boron levels in irrigation water on the development of cotton (Gossypium hirsutum L.) İbrahim Halil ÇEVİK Ali Fuat TARI	16-23
Irrigation scheduling based on Crop Water Stress Index (CWSI) for cool and warm-season turf grass under subsurface-drip irrigation method C. Sabahattin ONCEL Mladen TODOROVIC A. Halim ORTA	24-40
Yield, fuel consumption and economical comparison of different tillage methods on main crop peanut and wheat + second crop peanut Çigdem BOYDAK Orhan KARA	41-50
Determination of environmental problems caused by agricultural wastes in greenhouse enterprises and solution suggestions Sedat BOYACI Sinan KARTAL	51-60
Briquetting of corn stalk as a renewable energy source and determination of physical properties of briquettes Mahmut DOK Mustafa ACAR Ayşegül E. ÇELİK Gülhan ATAGÜN Ufuk AKBAŞ	61-70
Effects of different drying conditions on physical changes of apple (Malus communis L.) Necati ÇETİN Cevdet SAĞLAM Bünyamin DEMİR	71-77
Effectiveness of GNSS-based tractor auto steering systems in crop spraying Mustafa TOPÇUERİ Muharrem KESKİN	78-90
Investigation of TR63 region climate conditions in terms of greenhouse A. Nafi BAYTORUN Adil AKYÜZ Ali ÇAYLI Sait ÜSTÜN	91-100
Comparison of two lateral move irrigation machines commonly used in Turkey in respect of water uniformity coefficient Hüseyin T. GÜLTAŞ Yeşim AHİ Daniyal D. KÖKSAL Murat KARAER	101-105
Determination of the average temperature data: Antalya and Alanya case Mete ÖZFİDANER Duygu ŞAPOLYO UÇAN Fatih TOPALOĞLU	106-111

Araştırma Makalesi / Research Article

Determination of the effects of irrigation in the different development periods on the efficiency and oil quality of sesame under Çukurova conditions Nigar ANĞIN Volkan ÇATALKAYA	112-119
Assessing salt accumulation in the root zone of tomato plant through using ordinary kriging interpolation technique under deficit irrigation regime Amal GHANNEM Imed BEN AISSA Mahmut CETIN Rajouene MAJDOUB	120-127
Determination of greenhouses and its insurance conditions damaging from natural disasters occurred in districts of eastern Antalya region Rabia ÇALIŞKAN Kenan BÜYÜKTAŞ Ahmet TEZCAN Cihan KARACA	128-134
Determination of the intensity of hail damage of the polyethylene greenhouse covers in the Mediterranean region by thermal camera Kenan BÜYÜKTAŞ Ahmet TEZCAN Cihan KARACA Zekai GÜMÜŞ Rabia ÇALIŞKAN	135-141
Analysis of drought period with SPI for Muğla province of Turkey Ahmet İRVEM Mustafa ÖZBULDU	142-148
Estimation of monthly precipitation based on machine learning methods by using meteorological variables Fatemeh Shaker SUREH Mohammad Taghi SATTARI Ahmet İRVEM	149-154
The use of universal kriging interpolation technique to determine groundwater levels in dry and wet years: A case study in a semi-arid region of Mahdia in Tunisia Rania SOULA Ali CHEBIL Mahmut CETIN Rajouene MAJDOUB	155-162
The effects of deficit irrigation on drip irrigated royal table grape cultivars on water-yield relations in Çukurova conditions Yeşim BOZKURT ÇOLAK Attila YAZAR Serpil TANGOLAR Gülşen DURAKTEKİN Engin GÖNEN	163-171
Determination of nitrogen usage efficiency of eggplant plant different irrigated levels by surface and sub-surface drip irrigation in Çukurova conditions Engin GÖNEN Çağatay TANRIVERDİ Yeşim Bozkurt ÇOLAK Attila YAZAR Mete ÖZFİDANER	172-178
The effect of different irrigation programs on chlorophyll content in watermelon Gülşen DURAKTEKİN Yeşim BOZKURT ÇOLAK Mete ÖZFİDANER Alper BAYDAR Engin GÖNEN	179-187
Monitoring soil electrical conductivity as an agricultural management tool in drip-irrigated citrus field via EM38 Burçak KAPUR Mahmut ÇETİN Harun KAMAN Eser ÇELİKTOPUZ	188-195

Araştırma Makalesi / Research Article

Effects of different nitrogen rate applications during sowing to pumpkin (Cucurbita pepo L.) growth, yield, evapotranspiration and water use efficiency Ali ÜNLÜKARA Nihat DUMANLAR Adem GÜNEŞ	196-210
The effects of different water levels on biomass and bioethanol yield of second crop sorghum in Çukurova conditions Muhammer DÜNDAR Mustafa ÜNLÜ Celal YÜCEL	211-221
Evaluation of agricultural fields in terms of soil productivity and environmental health in the industrial zone Serdar POLAT Korkmaz BELLİTÜRK Meryem METİNOĞLU	222-231
Mapping spatio-temporal tendencies of climate types in Geographic Information Systems (GIS) media: A case study in Şanlıurfa and its environs Ali Demir KESKİNER Mahmut ÇETİN Takanori NAGANO	232-240
Seedling growth characteristics of wheat seeds grown at different groundwater depths, without irrigation Mehmet Sait KİREMİT Hakan ARSLAN Alieu SAİDY	241-248
Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation: the case of Van province Talip ÇAKMAKCI Üstün ŞAHİN	249-256
Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses Sedat BOYACI Adil AKYÜZ	257-268
Assessment of irrigation schemes with quality index in Mediterranean region Hasan DEĞİRMENÇİ Sinan KARTAL	269-277
Determination of relationship water-yield of inoculated and uninoculated soybean in different irrigation water level Zeynep KARAKAYA Berkant ÖDEMİŞ	278-289
The effect of calcium (Ca²⁺) applications on R/S values in tomato and pepper rhizosphere soils Kemal DOĞAN Sefer BOZKURT Necat AGCA	290-300
Determination of rhizobial potentials in legume cultivation areas in Hatay Fatih UYAR Kemal DOĞAN	301-312
Response of okra to water stress Ali ÜNLÜKARA Bilal CEMEK	313-319



Design of an Arduino based digital psychrometric device

Arduino tabanlı dijital psikrometre tasarımı

Ünal KIZIL¹, Sefa AKSU¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Çanakkale, TURKEY.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:30.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Psychrometrics, environmental control, automation, Arduino, data transfer

✉ Corresponding author: Ünal KIZIL

✉: unal@comu.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: In this study an Arduino based simple and cost-effective psychrometrics device was developed to determine psychrometrics properties of moist air and gather long-term data to be used for automation devices or other engineering designs related to environmental control systems.

Methods and Results: The device employs Arduino microcontroller card. This card has a cheap and high capacity microprocessor that can easily integrate different sensors. The device includes a temperature/relative humidity sensor and a digital barometric sensor. The measured temperature/ relative humidity and elevation are recorded by connecting to a remote database server through the Internet at the desired time intervals. All other psychrometrics properties are calculated within the database.

Conclusions: A device that costs 1,044.37 TL (\$ 183.22) was developed. The design procedure and performance of the device is discussed in this study.

Significance and Impact of the Study: Considering the importance of gathering psychrometrics data in environmental control of agricultural production buildings, we concluded that the device which was developed might provide a native, easy to use and cost-effective method.

Atif / Citation: Kızıl Ü, Aksu S (2019) Design of an Arduino based digital psychrometric device. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) 1-8

INTRODUCTION

Environmental control in agricultural buildings means control of the psychrometric properties of an indoor air. Hence, the material of interest is moist air. Psychrometrics deals with properties of moist air at known and unknown states followed by a certain change from a known state (Albright, 1990). Therefore knowing the psychrometrics properties of indoor is essential to design and operate environmental control systems such as ventilation, heating and cooling (Lindley and Whitaker, 1996). The effectiveness of these systems can also be evaluated by psychrometrics functions of sensible and latent heat (Vitt et al., 2017). There are some equations and models available to calculate

psychrometrics properties of moist air (ASHRAE, 2001; Nelson and Sauer, 2002; Bell et al., 2018). In most cases if two of psychrometrics properties are known, the remainder can be calculated using different equations. The psychrometrics properties and brief explanations of a moist air that should be determined are listed in Table 1 (Albright, 1990).

The best way to obtain data on psychrometrics properties is to use a simple temperature/humidity sensor. Even though there are such sensors available at little costs they only provide dry-bulb temperature (T_{db}) and relative humidity (RH). One should conduct numerous calculations to determine all other properties.

Therefore, there is a need for a cost effective, easy to use device that can measure these two parameters, calculate other properties, transfer data, and store for future or instant use.

Table 1. Psychrometrics properties of a moist air

Property	Definition	Symbol
Dry-bulb temperature	The temperature measured by a regular thermometer	T_{db}
Water vapor saturation partial pressure	The highest amount of water that can be held by dry air during saturation	P_{ws}
Relative humidity	The amount of water vapor present in air expressed as a percentage of the amount needed for saturation at the same temperature	RH
Humidity ratio	The ratio of the weight of water vapor in the sample air compared to the weight of the same air under dry conditions	W
Degree of saturation	The ratio of weight of water vapor in air at given conditions and at saturation under constant temperature	μ
Specific volume	The total volume of humid air per mass unit of dry air	v
Density	The inverse of specific volume	ρ
Dew point temperature	The temperature at which air is saturated with water	t_d
Enthalpy	The measure of the energy present in the moist air at a certain state	h
Wet-bulb temperature	The lowest temperature to which air can be cooled by the evaporation of water into the air at a constant pressure	T_{wb}

In this study, it was aimed to design a low-cost device that can measure, calculate and transfer the psychrometrics properties of air using Arduino and associated technologies. The proposed device requires sensors to gather data, electronics to transfer data, and a microcontroller to coordinate these sensors and electronics. Actually, the most important part of the device is microcontroller. Arduino is a low-cost, open source microcontroller that makes it popular to improve, build or expand new technologies in all disciplines (Varacha et al., 2012). The Arduino microcontroller can be programmed using C programming language. A number of input and output devices and sensors are available to be used with Arduino platform (Schultz and Vugt, 2016).

MATERIAL and METHODS

Psychrometrics procedure

Albright (1990) reported the equations that can be used to calculate psychrometrics properties of ambient air. The method requires at least 2 known properties and elevation above sea level (EASL). The EASL value is required to calculate humidity ratio (W). The actual water vapor saturation pressure and atmospheric pressure at local elevation should be known to calculate EASL. Relationship between EASL and standard atmospheric pressure is shown in Fig 1. The regression equation that can be used to calculate standard air pressure was also shown in same figure.

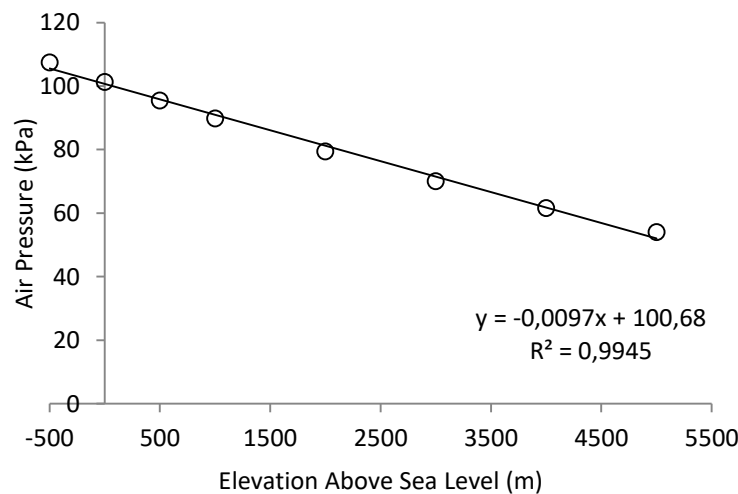


Figure 1. Linear relationship between EASL and standard air pressure (Albright, 1990).

One can easily calculate the remainder properties using simple equations. However, wet-bulb temperature (T_{wb}) is more complicated to determine. It requires an

iterative procedure to find the solution. Stull (2011) published the following simple equation to calculate T_{wb} based on T_{db} and R

$$T_{wb} = T_{db} \times \arctan\left[0.151977 \times (\sqrt{RH + 8.313659})\right] + \arctan(T_{db} + RH) - \arctan(RH - 1.676331) + 0.00391838 \times RH^{3/2} \times \arctan(0.023101 \times RH) - 4.686035 \quad \text{Eq. (1)}$$

Eq. (1) is an empirical inverse solution of a function that fits a graph plots the relationship between T_{wb} and wet-bulb depressions depending on different relative humidities at standard atmospheric pressure (101.3 kPa, and EASL of 0.0 m). Therefore this equation is not applicable to altitudes other than sea level. However, the difference between any T_{wb} calculated at an elevation of -500 and 5000 m is less than 1 °C for any combination of T_{db} and RH. Therefore, the error in the calculations was assumed to be negligible and Eq. (1) was used during the development of proposed device.

Technical properties of Arduino Uno R3 microcontroller is given in Table 2.



Figure 2. Arduino Uno R3 microcontroller (Anonymous, 2019)

Electronics components used in device

In the design an Arduino Uno R3 microcontroller board was used, which employs an ATmega328 microprocessor (Fig 2). This microcontroller unit can be connected to a computer via USB port, or it can be powered with an AC/DC adapter or a battery can be used to operate it.

Table 2. Technical specifications of Arduino Uno R3 microcontroller (Arduino, 2019)

Microprocessor	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7–12V
Input Voltage (limits)	6–20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by boot loader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

As discussed earlier, ambient temperature and relative humidity is measured using an Arduino adaptable sensor to calculate psychrometrics properties. In the device a SHT11 sensor was used, which can measure ambient temperature and relative humidity together (SENSIRION, Laubisruestrasse Staefa ZH, Switzerland) (Fig 3). This sensor is also a low-cost technology with high accuracy. It can measure the temperature and relative humidity with ± 0.4 °C and ± 3 % accuracy, respectively.

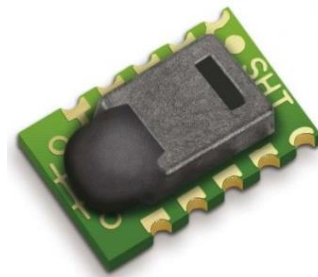


Figure 3. SHT11 temperature/relative humidity sensor (Anonymous, 2019)

Altitude of the location is measured via BMP180 Digital Barometric Pressure Sensor (Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen, Germany) (Fig 4). This sensor measures the absolute pressure of the air. This pressure varies with altitude and hence the altitude can easily be calculated using Eq. (2), if the pressure is known.



Figure 4. Digital barometric pressure sensor (Anonymous, 2019)

$$EASL = 44,330 \times \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/5.255} \right] \quad \text{Eq. (2)}$$

where:

EASL: elevation above sea level (m),

P: ambient air pressure measured by sensor (hPa),

P₀: air pressure at reference location which is sea level (1013.25 hPa)

Measured T_{db}, RH, EASL, and calculated other psychrometrics properties are sent to internet database. In the data transfer a Global System Mobile transfer (GSM) module is used (Fig 5). This module (GSM Shield–Simcom/Sim800C) (SIMCom Wireless Solutions Ltd., Shanghai, China) has a built-in antenna that prevents data from being processed when the network signal is weak.

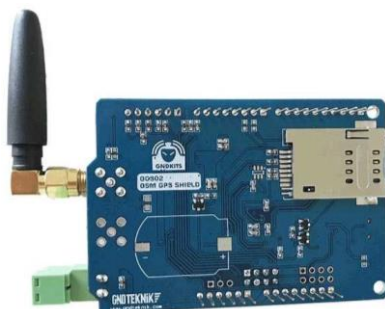


Figure 5. Global System Mobile transfer (GSM) module (Anonymous, 2019)

In order to visualize the most recent measured and calculated data, a Liquid Crystal Display (LCD) is employed. It is a 5–Inch Nextion HMI Touch TFT LCD

Display (Nextion, Nanshan Dist., Shenzhen, GD, China) that is capable of communicating with Arduino microcontroller.

Software development

The software basically adapts sensors and other electronics into the system, calculates the psychrometrics properties based on the sensor data and uses codes to transfer calculated data. The Arduino technology provides a free of charge programming platform that makes the entire system low-cost, dynamic and accessible by others. The platform is based on C/C++ which is one of the most common languages used by programmers. The software enables users to change data collection interval down to 1 reading per minute. The collected data is recorded by connecting to a remote database server over the internet at desired time intervals. In this way, the data security is ensured and the data can be accessed from any place at any time via the database server. MySQL, a relational database, was used in the project. The flowchart of the entire procedure is given in Fig 6.

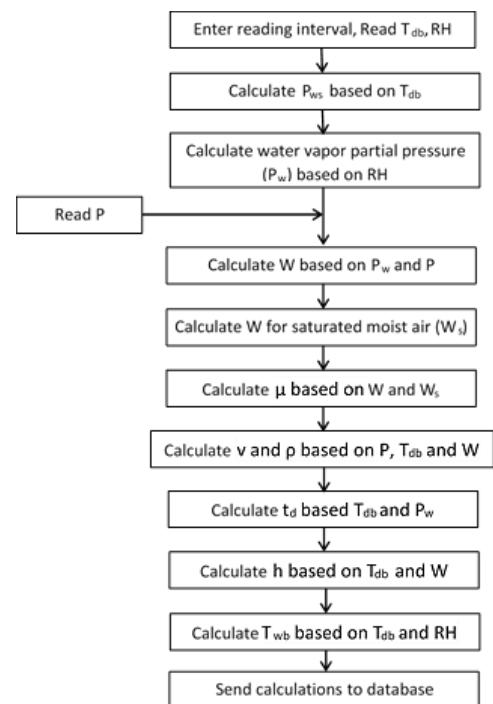


Figure 6. Flow chart of the data processing and transfer procedure.

RESULTS and DISCUSSION

An Arduino based digital psychrometrics device was developed using electronics that were compatible with microcontroller unit (Fig 7). The major components of the device are microcontroller, temperature/relative

humidity sensor, GSM unit, and touchscreen. All these components are available at market with low costs. Cost of each piece and total cost in TL and USD are summarized in Table 3.

The cost doesn't include GSM operator and internet server costs. A total cost of close to \$185 is achieved which is affordable comparing to similar weather monitoring devices which have not same capacity.

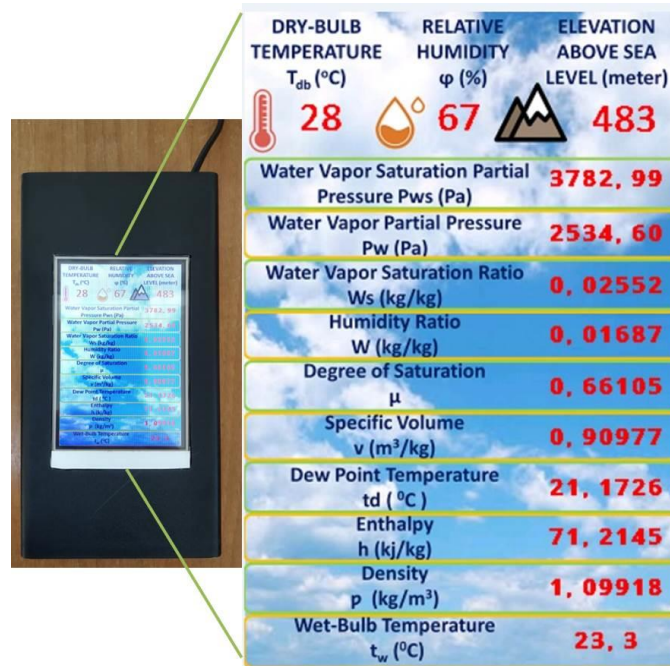


Figure 7. Psychrometrics device

Table 3. Total cost of psychrometrics device.

	Piece	Unit price (TL)	Total cost (TL)
Arduino Uno R3 (Microcontroller)	1	135.30	135.30
Arduino GSM Shiled-Simcom/Sim800C	1	402.85	402.85
DS1307 RTC (Real time clock module)	1	60.43	60.43
3.5 Inch Nextion HMI (Touchscreen display)	1	217.02	217.02
SHT11 (Temperature/relative humidity sensor)	1	127.57	127.57
HH8282 (85x155x60mm box)	1	17.93	17.93
BMP180 (Digital barometric sensor)	1	7.05	7.05
CR2032 (Lithium battery)	1	1.34	1.34
5V 1A (Power adapter)	1	18.80	18.80
Power connector	1	1.21	1.21
3.7V 1100mA 1S Lipo - (Battery)	1	34.38	34.38
(Micro USB Li Ion battery charge circuit Micro)	1	5.71	5.71
LM2596 (Adjustable voltage reducer)	1	4.70	4.70
MT3608 2A (Power booster)	2	5.04	10.08
		Total (TL)	1,044.37
		Total (USD)	183.22

In order to compare the cost and performance of the system a TFA 35.105 Wireless Weather Station (TFA–Dostmann GmbH & Co.KG Zum Ottersberg 12 D–97877 Wertheim/Reicholzheim, Germany) was used (Fig. 8).

This device not only measures and stores T_{db} and RH it also measures indoor air pressure, wind speed/direction and precipitation. The cost of the system is \$360 which is twice more expensive than the device developed in

this study. Even though our device is not capable of measuring precipitation and wind data, with integration of related sensors it can measure and store these data as well. The total costs of wind and precipitation sensor kit is \$108 that makes the cost of our device \$291. Our device not only measures psychrometrics properties it also transfers data to an internet server and can automate environmental control devices. Therefore, it has more capabilities with smaller cost comparing to the commercial device.



Figure 8. Reference weather station device

As discussed above accuracies of SHT11 sensor are ± 0.4 °C and $\pm 3\%$ for T_{db} and RH, respectively. Technical specifications of TFA 35.105 Wireless Weather Station are listed in Table 4.

Based on the table SHT11 is more accurate in both temperature and RH (± 0.4 °C vs ± 1 °C, and 3% vs 5%)

Table 4. Technical specifications of reference weather station

External temperature display range	-40°C–80°C
Internal temperature display range	-9.9°C–60°C
Operating temperature	-5°C–50°C
Storage temperature	-20°C – 70°C
Temperature accuracy	± 1 °C
Temperature precision	0.1°C
RH display range	0%–99%
RH accuracy	$\pm 5\%$
RH precision	1%

The T_{db} and RH values that were acquired with both devices were recorded and stored under laboratory conditions. A 24-hour experiment is conducted. Temperature and RH values recorded to monitor the relationship between the designed device and reference commercial system. Both relations are shown in Fig 9. As can be seen from the figure, there is a strong relationship between measured and reference temperature values. Mean daily temperature values are 24.6 and 23.5 for SHT11 and reference, respectively. The slope of trend line and line of equality are similar which means both device yield similar temperature values during operation.

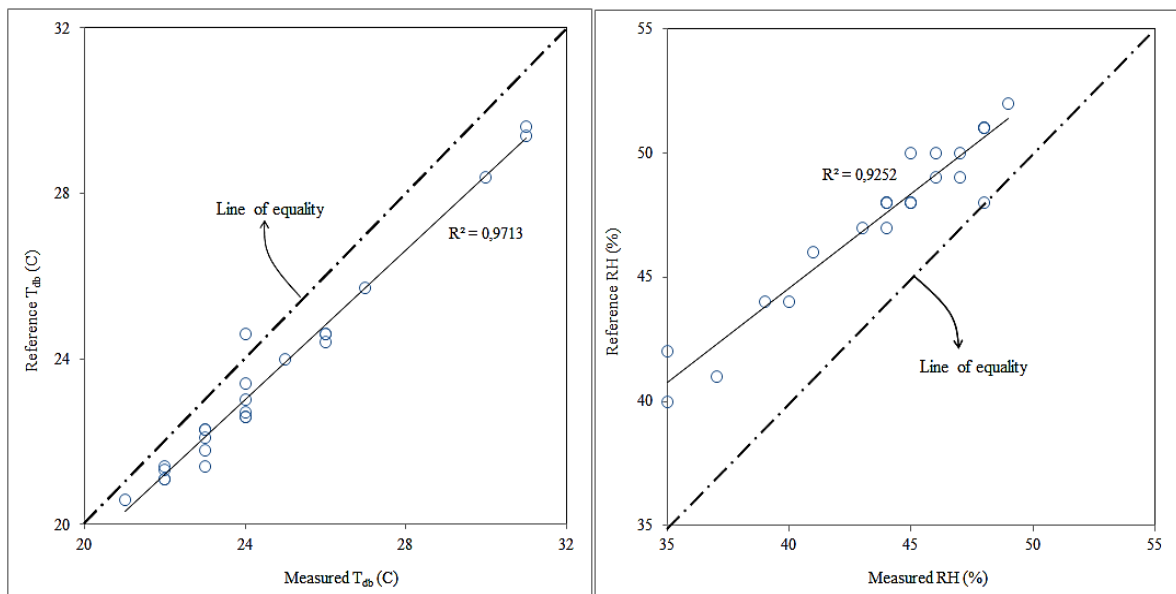


Figure 9. Comparison of measured and reference T_{db} , RH.

If we look at the relationship between measured and reference RH, there is a smaller R^2 value of 0.93 comparing to that relation of temperature (0.97). Also, the slopes of trend line and line of equality are different. This may be explained by smaller accuracies of both systems in the measurement of RH (3 and 5% for our device and reference system). Olgun (2016) reported that required RH ranges for cattle, sheep/goat, and poultry are 60–80%, 50–60%, and 60–75%, respectively. Therefore, in environmental control for agricultural buildings accuracy of up to 5% can be tolerated without causing any problem in operation. Mean daily RH values are 44 and 48% for SHT11 and reference device, respectively. There is a difference of 4% that is within the accuracy range of reference device.

CONCLUSIONS

As a result, in this study a digital psychrometer that can be used to measure, transfer, and record psychrometric properties of a moist air was designed. Arduino microcontroller was used as a tool to coordinate required sensors and electronics to achieve the goal. As a result, it can be concluded that;

- Arduino, an open source microcontroller, can be used to design environmental monitoring and automation devices,
- The low cost, accessibility, and easiness of programming make this technology suitable for agricultural applications,
- Accuracies of related sensors are good enough comparing to other commercial technologies,
- Possibilities of integrating other sensors and electronics with Arduino also makes this microcontroller dynamic,

Integration of GSM technology into the system makes Arduino based devices ideal for applications in which data transfer and storage is critical.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, nemli havanın psikrometrik özelliklerini belirlemek ve otomasyon cihazları veya çevre kontrol sistemleri ile ilgili diğer mühendislik tasarımları için uzun vadeli veriler toplamak amacıyla Arduino tabanlı basit ve uygun maliyetli bir psikrometri cihazı geliştirilmiştir.

Yöntemler ve Bulgular: Cihazda Arduino mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır. Bu kart, farklı sensörleri kolayca entegre edebilen ucuz ve yüksek kapasiteli bir mikroişlemciye sahiptir. Cihaz, bir sıcaklık / bağıl nem sensörü ve bir dijital barometrik sensör

içermektedir. Ölçülen sıcaklık / bağıl nem ve yükseklik, istenen zaman aralıklarında internet üzerinden uzak bir veritabanı sunucusuna bağlanarak kaydedilebilmektedir. Diğer tüm psikrometrik özellikler, veritabanında hesaplanmaktadır.

Genel Yorum: Geliştirilen cihazın toplam maliyeti 1,044.37 TL (183.22 \$) olmuştur. Bu çalışmada cihazın tasarım prosedürü ve performansı tartışılmıştır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Tarımsal üretim binalarının çevresel kontrolünde psikrometri verilerinin toplanmasının önemini göz önüne alarak, geliştirilen cihazın yerli, kullanımı kolay ve uygun maliyetli bir yöntem sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Psikrometri, çevre denetimi, otomasyon, Arduino, veri aktarımı

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declare no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Albright LD (1990) Environment Control for Animals and Plants. ASAE Textbook, Technical Publications, St. Joseph Michigan, USA.
- Anonymous (2019) İnt-El International Elektronik Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi. Retrieved August 25, 2019, from <https://www.direnc.net/>
- ASHRAE (2001) Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).
- Bell IH, Lemmon EW, Harvey AH (2018) Algorithms for the calculation of psychrometric properties from multi-fluid Helmholtz-energy-explicit models. International Journal of Refrigeration 87(2018): 26–38.
- Lindley JA, Whitaker JH (1996) Agricultural Buildings and Structures. ASAE. St. Joseph, Michigan.
- Nelson HF, Sauer HJ (2002) Formulation of high-temperature properties for moist Air, HVAC&R Research 8(3): 311–334.
- Olgun M (2016) Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1577, Ders Kitabı, Ankara (In Turkish).
- Schultz BG, van Vugt FT (2016) Tap Arduino: An Arduino microcontroller for low-latency auditory feedback in sensorimotor synchronization experiments. Behav. Res. 48:1591–1607.

Stull R (2011) Wet-bulb temperature from relative humidity and air temperature. *J. Appl. Meteorol. Clim.* 50(11): 2267–2269.

Varacha P, Mastorakis N, Jasek R, Pospisilik M, Chramcov B, Samek D (2012) Technical devices for supervising of a household via internet based on Arduino microcontroller. *Advances in Applied Information Science*,. ISBN: 978–1–61804–113–5 2012: 252–257.

Vitt R, Weber L, Zollitsch W, Hörtenhuber SJ, Baumgartner J, Niebuhr K, Piringer M, Anders I, Andre K, Hennig-Pauka I, Schönhart M, Schauburger G (2017) Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. *Biosystems Engineering* 164: 85-97.



Agricultural residues potential of Hatay

Cengiz KARACA¹

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.05.2019

Kabul tarihi/Accepted:09.10.2019

Keywords:

Biomass energy, agricultural residues, Hatay.

Corresponding author: Cengiz KARACA

✉: ckaraca@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The aim of this study was to determine the biomass potential and the energy value, being produced from agricultural residues in Hatay province.

Methods and Results: The amounts of residues from the agricultural crops cultivated in Hatay province were calculated using production data of crops with Turkish Statistical Institute for the 2018 seasonal years. The annual gross potential of agricultural residues was determined by using residue to product ratio or residue per tree or residue per area. The total amount of agricultural residues was approximately 652.8 kt.year⁻¹. The total heating value of the agricultural residues was around 13.36 PJ.year⁻¹. The top four districts of Hatay according to the amount of agricultural residues are Kırıkhan (181.6 kt), Center (158.8 kt), Reyhanlı (111.3 kt) and Kumlu (65.2 kt). The major crops included in the ratio of the total residues amount were cotton (65.5%), maize (14%), olive (13.3%) and citrus (10.9%).

Conclusions: The potential of agricultural residues concentrated in the Kırıkhan and Center districts. However, there are also significantly different crop residues in other districts. Hatay have a great agricultural residues potential for conversion to energy. Such a large potential necessarily has to be evaluated by establishing modern facilities.

Significance and Impact of the Study: In this paper, the produced maps were provided to see more clearly in the differences of data among the districts. The mapping can provide the rise of public awareness, policy-makers' reference and investor's guide about these subjects.

Atıf / Citation: Karaca C (2019) Agricultural Residues Potential of Hatay. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :9-15

INTRODUCTION

Energy is central to economic development, and there is a clear correlation between energy consumption and living standards. Energy sources are split into three categories: fossil fuels, renewable sources and nuclear sources (Karaca, 2015). The valid global energy supply depends heavily on fossil sources (crude oil, lignite, hard coal, natural gas). The World's economies are dependent on crude oil. Fossil fuels are limited resources, collected in few regional areas of the world. This creates a permanent and insecure status of dependency on import of energy for the countries outside this region.

Conventional biomass plays a considerable role in energy production in Turkey. Wood is used as a major resource for direct cooking and heating in rural areas, but the use of modern biomass for energy production is a rather recent event. Turkey is an agricultural country; moreover, it has significant forestry potential, especially in the Central Anatolia, Çukurova, and Southern Anatolia regions. Even though the main goal is harvesting cereals and other seeds in agriculture, there is a strong wish to reclaim buried agricultural waste. Agricultural waste is a major source of biomass due to its high potential (Karaca and Başçetinçelik, 2014). Turkey has always been one of the major agricultural countries in the world. The importance of agriculture is increasing for biomass energy is one of the major

resources in Turkey. Biomass waste materials can be used in Turkey to provide centralized, medium- and large-scale production of process heat for electricity generation. Electricity generation from biomass has been found to be a promising method in the near future in Turkey (Karaca, 2015).

Biomass energy includes agricultural residues, domestic waste, fuelwood, animal waste and other fuel derived from biological sources. Estimation is based on the recoverable energy potential from the main agricultural residues, livestock farming waste, forestry and wood processing residues and domestic waste as given in the literature. Biomass, which comprising mostly wood and dung for heating and cooking is mainly used in rural areas (Başçetinçelik et al. 2005)

Agricultural residues are defined as a biomass by-product from the agricultural system and include straws, husks, shells, and stalks. These residues can be divided into two groups: crop residues, which remain in the field after harvest, including the cotton stalk, and agricultural residues, which are the by-products of the industrial processing of crops such as rice husk. (Karaca, 2015)

This study aimed to determine the biomass potential and the energy value, being produced from agricultural residues in Hatay province. The major benefits are environmental and relate to the reduction of GHG emissions (since crops are considered CO₂ neutral), conservation of natural resources, and avoidance of fossil fuel consumption. They are complemented by economic benefits (reduction of imported fuel consumption), regional development and investment increase.

MATERIAL and METHODS

Hatay has a surface area of 5,524 km² located between the 35°52' - 37°4' northern latitudes and 35°40' - 36°35' east longitudes in the eastern part of the Mediterranean Sea. Hatay province is divided into 14 districts, two of which (Antakya and Defne) are included in the municipality of Center district. Other districts include Altınözü, Arsuz, Belen, Dörtyol, Erzin, Hassa, İskenderun, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Samandağ and Yayladağı (Karaca, 2017).

Grains and industrial crops have the most important place regarding production area and amount of product in the production of agricultural products of Hatay. The province has 228,528 hectares of agricultural land. Field crops constitute 48.5% of the agricultural land and fruit, vegetable and fallow lands constitute the rest. Cotton,

wheat, maize, olive and citrus are the prominent products in the province. (Anonymous, 2018a)

The amounts of residues of the crops cultivated in Hatay province were calculated using production data of crops with the Turkish Statistical Institute for the 2018 seasonal years (Anonymous, 2018b). The annual gross potential of agricultural residues was determined by using the residue to product ratio (RPR) (Table1).

The net potential of residues was determined by using the availability of residues. The availability of residues is unused and completely wastes part of residues (Table1). The available potential of the agricultural residues in each district of Hatay was calculated based on the Eq.1.

$$(AAR)_i = (AAP)_i \times (RPR)_i \times (A)_i \quad \text{Eq. (1)}$$

where $(AAR)_i$ is the available amount of agricultural residues of i^{th} crop in ton, $(AAP)_i$ the amount of agricultural product in tons or number of tree for pruning wastes, $(RPR)_i$ residue-to product ratio of the i^{th} crop and $(A)_i$ the availability of residues.

The residues are material left over the field after agricultural production. Some agricultural residues have already been used for domestic purposes, heating, animal fodder, bedding. Mainly residues from the production of industrial, agricultural products are left over the field. The species are cotton stalk, maize stalk, sunflower stalk, cereal straw, pruning, etc.

The energy potential of residues for each district was calculated by multiplication of the heating values of a selection of agricultural residues which was taken heating value per each residue (Table 1) with the available residue amount (Eq. 2).

$$(THV)_i = (AAR)_i \times (LHV)_i \quad \text{Eq. (2)}$$

where $(THV)_i$ the total heating value of agricultural residues of i^{th} crop in GJ, $(AAR)_i$ is the available amount of agricultural residues of i^{th} crop in tons and $(LHV)_i$ lower heating value of air-dry residues of i^{th} crop in MJ kg⁻¹.

The energy content of the selected products for each district was calculated using the above equations. For each district, the calculated values that the total amount and the total energy potential of agricultural crop residues were mapped using the GIS software. The produced maps were provided to see more clearly in the differences of data among the districts. The mapping can provide the rise of public awareness and policy-makers' reference about these subjects.

Table 1. The ratio of product to residue, availability and heating values of a selection of agricultural crop residues (Başçetinçelik et al., 2006; Bilandzija et al., 2012; Velázquez-Martí et al., 2013; Karaca, 2015)

Field Crops	Residues	Ratio of Product to Residue (RPR)	Availability (A) (%)	Heating Value (LHV) (MJ kg ⁻¹)
Wheat	Straw	1.00	15	17.9
Barley	Straw	0.75	15	17.5
Maize	Stalk	1.60	60	18.5
	Cob	0.30	60	18.4
Cotton	Stalks	2.30	60	18.2
	Ginning residues	0.30	80	15.7
Tobacco	Stalk	1.20	60	16.1
Sunflower	Stalk	2.50	60	14.2
Fruits Crops				
Apricot	Pruning	5.80*	80	19.3
Peach	Pruning	7.00*	80	19.4
Plum	Pruning	7.00*	80	17.3
Fig	Pruning	4.50*	80	15.8
Pomegranate	Pruning	9.00*	80	17.0
Walnut	Pruning	3.50*	50	19.0
Almond	Pruning	5.80*	80	18.4
Lemon	Pruning	13.00*	80	17.6
Orange	Pruning	15.00*	80	17.6
Mandarin	Pruning	13.00*	80	17.6
Grapefruits	Pruning	14.00*	80	17.6
Vineyard	Pruning	4,250**	80	18.0
Olive	Cake	0.40	90	19.7
	Pruning	9.00*	50	18.1

* RPR kg/tree

** RPR kg/ha

RESULTS and DISCUSSION

The total amount of agricultural residues, including annual crop residues (grains, maize, cotton, sunflower, tobacco), perennial residues (tree pruning) and agro-industrial residues (cotton-ginning, seed oil industries, olive oil industries), were calculated to be about 739.8

thousand tons in Hatay (Table 2). The share of sources in these residues is field crops 75.24% and fruit crops 27.76%. Major crops that included in the ratio of the total residue amount are cotton (57.8%), maize (12.41%), olive (11.76%), citrus (9.61%), wheat (4.74%) and vineyard (2.21%).

Table2. The amount of agricultural product and available residues of Hatay

Field Crops	Amount of Agricultural Product (AAP) (tons)	Residues	Available Residues (AAR) (tons)
Wheat	233,578	Straw	35,037
Barley	5,424	Straw	610
Maize	80,511	Stalk	77,291
		Cob	14,492
Cotton	263,901	Stalks	364,183
		Ginning residues	63,336
Tobacco	1,284	Stalk	924
Sunflower	522	Stalk	783
Fruits Crops			
Apricot	673,675*	Pruning	3,126
Peach	122,665*	Pruning	687
Plum	338,210*	Pruning	1,894
Fig	130,805*	Pruning	471
Pomegranate	732,554*	Pruning	5,274
Walnut	65,065*	Pruning	114
Almond	48,250*	Pruning	224
Lemon	341,191*	Pruning	3,548
Orange	1,935,968*	Pruning	23,232
Mandarin	4,179,458*	Pruning	43,466
Grapefruit	78,273*	Pruning	877
Vineyard	4,622**	Pruning	16,360
Olive	85,501	Cake (pomace)	30,780
	12,492,281*	Pruning	56,215
TOTAL		Residues	739,800

* Number of trees

** Planting Area (ha)

All districts of Hatay were put in order according to the amounts of residue in Table 3. Also, the distribution map of agricultural residues, which mapped using a GIS Software for each district, was given Fig 1.

It is determined that the most agricultural residue is in Kırıkhan (25.72%) and Center (23.54%) districts in

Hatay. Apart from these, also the Reyhanlı district is seen to have a high agricultural residue potential (114.76 ktons). It is viewed that there will not be a shortage of raw materials for the investment and facilities to be made for obtaining energy from agricultural residues in these three districts.

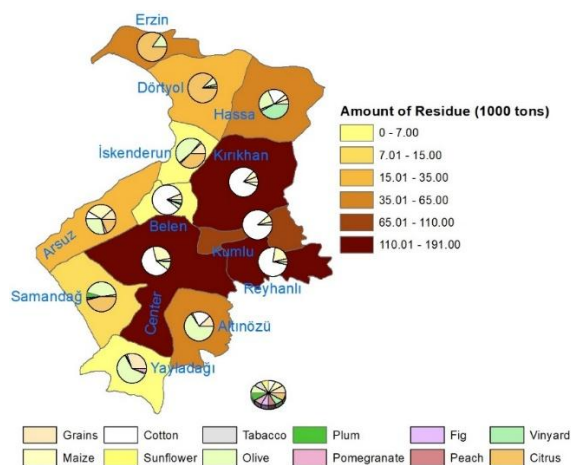


Fig 1. The distribution map of agricultural residues in Hatay

Table 3. The ranking of districts according to amount of agricultural residues

Districts	Field Crops Residues (tons)	Fruit Crops Residues (tons)	Total Residues (tons)	Share in Total Residues (%)
Center	154,789	19,344	174,133	23.54
Altınözü	14,518	26,910	41,428	5.60
Arsuz	10,405	13,763	24,168	3.27
Belen	5,377	762	6,139	0.83
Dörtyol	935	22,833	23,768	3.21
Erzin	1,041	38,672	39,713	5.37
Hassa	11,726	25,116	36,841	4.98
İskenderun	506	3,221	3,726	0.50
Kırıkhan	179,474	10,838	190,312	25.72
Kumlu	64,923	508	65,431	8.84
Reyhanlı	110,602	4,156	114,757	15.51
Samandağ	315	12,857	13,173	1.78
Yayladağı	2,046	4,165	6,211	0.84
TOTAL	556,657	183,143	739,800	100.00

It was calculated that the total heating value of the agricultural residues was about 13,362.8 TJ (319 ktoe) for the production period of 2018 in Hatay. The heating

value of agricultural residues that calculated separately for each product is given in Table 4. The distribution map was given Fig 2.

Table 4. Total heating value of agricultural residues of Hatay

Field Crops	Residues	Total Heating Value (THV) (GJ)
Wheat	Straw	35,037
Barley	Straw	610
Maize	Stalk	77,291
	Cob	14,492
Cotton	Stalks	364,183
	Ginning residues	63,336
Tobacco	Stalk	924
Sunflower	Stalk	783
Fruits Crops		
Apricot	Pruning	3,126
Peach	Pruning	687
Plum	Pruning	1,894
Fig	Pruning	471
Pomegranate	Pruning	5,274
Walnut	Pruning	114
Almond	Pruning	224
Lemon	Pruning	3,548
Orange	Pruning	23,232
Mandarin	Pruning	43,466
Grapefruit	Pruning	877
Vineyard	Pruning	16,360
Olive	Cake (pomace)	30,780
	Pruning	56,215
TOTAL		13,362,814

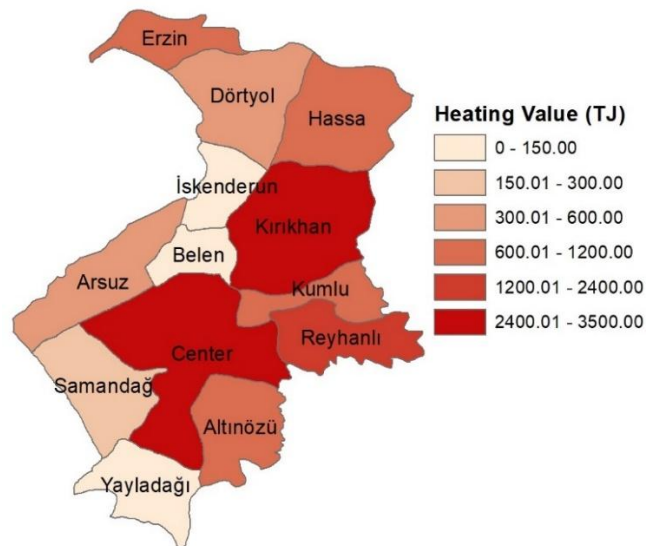


Fig 2. The distribution map of heating value based on agricultural residues in Hatay

These maps (Fig 1 and 2) showed that the potential of agricultural residues concentrated in the Kırıkhan and Center districts. Especially, it is observed that the type and distribution of residues in Kırıkhan district, the distribution of agricultural residues according to heating value are ranked as cotton (2,770 TJ), maize (229.8 TJ) and wheat (203 TJ) respectively. In Center, this ranking consists of cotton (1,885.4 TJ), maize (814.7 TJ), and olive wastes (286.5 TJ) respectively. However, different crop residues are remarkable in a certain district. Heating values of citrus pruning wastes are 585.9 TJ in Erzin, 368.6 TJ in Dörtiyol, 110.1 TJ in Samandağ and 25.3 TJ in İskenderun, respectively. Furthermore, olive waste constitutes an important potential in Altınözü (492 TJ), Center (286.5 TJ), Kırıkhan (162.8 TJ) Hassa (160.3 TJ), Arsuz (114 TJ), Samandağ (101 TJ) and Erzin (101.4 TJ) districts. Moreover, it is seen that the vineyard pruning waste also creates a significant energy potential in Hassa (276.9 TJ).

The potential of biomass from agricultural residues was determined in Samsun province. The total biomass potential was determined as 366.6 ktons in the province. (Karaca et al., 2017).

A study carried out by Karaca and Öztürk (2017) in Osmaniye province indicated that the total biomass potential from agricultural residues was 491 ktons.

Karaca (2018) reported the amount of biomass from agricultural residues was about 380.8 ktons year⁻¹, equivalent to about 6,517.8 TJ of heating value in Balıkesir.

Despite these facts, until now, there has not been any investment in these areas related to agricultural residues, which have a great potential for conversion to energy. However, the results of this study show that

such a large potential necessarily has to be evaluated by establishing modern facilities.

CONCLUSIONS

This study aimed to determine the distribution of agricultural residues in the districts of Hatay as given on the map. The importance of this paper is increasing more because Turkey is an energy importing country. Hatay is in the tenth place with a share of 2.57% in Turkey, especially regarding the potential for field crops residues (Karaca, 2015).

The total amount of agricultural residues was approximately 739.8 kt. It was found that the total heating value of the agricultural residues was around 13,362.8 TJ for the production period of 2018. It was determined that this potential concentrate in the Kırıkhan, Center and Reyhanlı districts. It was seen that the majority of agricultural residues originate from field crops. According to the amount of residues of agricultural products, it is listed as, cotton (57.8%), maize (12.41%), olive (11.76%), citrus (9.61%), wheat (4.74%) and vineyard (2.21%).

Although Hatay province has a large biomass energy potential, this potential cannot be adequately assessed. In this paper, the produced maps were provided to see more clearly in the differences of data among the districts. The mapping can provide the rise of public awareness, policy-makers' reference and investor's guide about these subjects.

Consequently, agricultural residues are a very attractive choice, since it is economical, sustainable, environmental friendly and a familiar energy source for Hatay.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Anonymous (2018a) TUIK Statistical Table of Agricultural Land. Retrieved August 6, 2019, from <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Anonymous (2018b) TUIK Crop Production Statistics: All districts of Hatay province. Retrieved May 6, 2019, from <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Başçetinçelik A, Karaca C, Öztürk HH, Kaçira M, Ekinci K (2005) Agricultural Biomass Potential in Turkey. Proceedings of the 9. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27. International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, September 27-29, İzmir, Turkey. pp 195-199.
- Başçetinçelik A, Öztürk HH, Karaca C, Kaçira M, Ekinci K, Kaya D, Baban A, Komitti N, Barnes I, Nieminen M (2006) A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. AGRO-WASTE - Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. EU Life Program Project, Project No: LIFE03 TCY/TR/000061.
- Bilandzija N, Voca N, Kricka T, Matin A, Jurisic V (2012) Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. Spanish Journal of Agricultural Research, 10:292-298
- Karaca C, Başçetinçelik A (2014) Economic Analysis of Selected Combine Heat and Power (CHP) Plant Based on Cotton Ginning Residue Combustion in Adana. Proceeding of 12th International Congress on Mechanization & Energy in Agriculture, September 3-6, Cappadocia, Turkey. pp 308-313.
- Karaca C (2015) Mapping of energy potential through annual crop residues in Turkey. Int J Agric & Biol Eng, 8: 104-109.
- Karaca C (2017) Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilen Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. MKÜ Ziraat Fakültesi Derg., 22: 34-39.
- Karaca C, Gürdil GAK, Öztürk HH (2017) Determining and Mapping Agricultural Biomass Energy Potential in Samsun Province of Turkey. Proceedings of 3rd. International Conference on Environmental Science and Technology (ICOEST), October 19-23 Budapest, Hungary. pp 190-194.
- Karaca C, Öztürk HH (2017) The Biomass Energy Potential of Osmaniye Province from Agricultural Residues. Proceedings of International Advanced Researches and Engineering Congress 2017 (IAREC' 17) November 16-18, Osmaniye, Turkey. pp 2297-2301.
- Karaca C (2018) The Biomass Energy Potential of Balıkesir Province from Agricultural Residues. Proceedings Book III of International Symposium of Bandırma and Its Surroundings, September 17-19, Bandırma, Turkey. pp 469-477.
- Velázquez-Martí B, Fernández-González E, López-Cortés I, Callejón-Ferre AJ (2013) Prediction and evaluation of biomass obtained from citrus trees pruning. Journal of Food, Agriculture & Environment. 11: 1485-1491



Effect of different boron levels in irrigation water on the development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Sulama suyundaki farklı bor düzeylerinin pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) gelişimine etkisi

İbrahim Halil ÇEVİK¹ , Ali Fuat TARI¹ 

¹Harran University, Department of Agriculture Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture Şanlıurfa, TURKEY.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Boron, cotton, yield, quality, growth.

Corresponding author: Ali Fuat TARI

✉: aftari@hotmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Lack of boron element negatively affects the plant growth, while the excess is toxic. The toxic effect of boron varies from plant to plant. This study was carried out to determine the effects of irrigation waters containing different concentrations of boron in the cotton plant, which is a plant with boron resistance.

Methods and Results: In this study, 8 different experimental subjects (0, 1, 2.5, 5, 10, 15, 20, 25 ppm) with six replications were investigated. The experiment was carried out in a randomized plot design and six replications. Plant growth was monitored during the trial and the effect of boron on plant height, fresh weight, dry weight, fiber quality, boron accumulation in the leaf and soil was determined. It was determined that the little amount of boron application increased the yield. The content of boron in the irrigation water significantly influenced the length, wet and dry weight and fiber yield of cotton. In the study, plant height, fresh weights and dry weights ranged from 51.5 cm to 63.0 cm, 131 g to 283 g and 55.97 g to 86.37 grams, respectively.

Conclusions: The increase in boron content of irrigation water caused boron accumulation in plant and soil. Consequently, the development and yield of the plant has affected negatively.

Significance and Impact of the Study: In addition to insufficient water resources, the increase in demand for water necessitates the use of some marginal waters in agriculture. The results of this study show that boron waters can be used as irrigation water when applied according to the research results.

Atıf / Citation: Çevik İH, Tari AF (2019) Effect of different boron levels in irrigation water on the development of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :16-23

GİRİŞ

Günümüzde hızla artan dünya nüfusunun besin gereksinimini yeterli düzeyde karşılamak her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Dünyanın birçok yerinde ve ülkemizde tarım alanların sınırlı ve doğal kaynakların kıt olmasından dolayı, besin ihtiyaçlarına olan talebin karşılanması, ancak birim alandan ve birim sudan fazla verim alınması ile mümkündür. Tarımsal üretimimizin en büyük sorunlarından biri su kaynaklarımızın yetersiz olmasıdır. Yetersiz oluşunun yanında çeşitli nedenlerle

hızla kirlenen su kaynaklarımız bu sorunu daha da artırmaktadır. Bu nedenle azalan iyi su kaynaklarına alternatif olarak düşük kalitedeki suların sulamada kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Düşük kaliteli sulama sularında tuz, sodyum veya bor elementinin yüksek miktarlarda bulunması muhtemeldir (Cömert ve Kale Çelik, 2017).

Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmelerini düzenleyen, fizyolojik olaylarda etkin bir spekturuma sahip, gerekli bir mikro besin elementidir. Genelde yeryüzündeki topraklarda, daha çok eksikliği öne çıkmakta ve bu

nedenle yapılan araştırmaların çoğu bor noksanlığı üzerine yoğunlaşmaktadır. Buna karşın, dünyanın en zengin bor yataklarına sahip olan ülkemizin bazı bölgelerinde toprakta, bor fazlalığı ve yetişen bitkilerde bundan kaynaklanan bor toksitesi görülmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, toprak veya suda bulunan fazla bor, tarımsal üretimi yapılan bitkilere, toksik etkisi bakımından büyük bir sorun haline gelmiştir. Bor kirliliği, farklı şekillerde bor kullanan sanayi atıklarının göl, nehir ve akarsulara deşarjı veya bor açısından yaygın termal sularla sulama veya bu suların nehir ve ırmaklara deşarjı sonucu ortaya çıkmaktadır (Gupta ve ark., 1985).

Borun bitkiler için temel oluşunun dışında, kendine özgü olarak, optimum ve toksik seviyeleri arasındaki aralığın dar oluşu, bu elementi tarımsal açıdan önemli ve çalışılması zor bir parametre haline getirmektedir (Blevins ve Lukaszewski, 1994). Bitki türleri arasında olduğu gibi, aynı türün çeşitleri arasında da bora duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin bor toksitesinden fizyolojik olarak farklı düzeylerde etkilenişinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Paull ve ark., 1988). Yapılan deneme sonuçlarına göre, sulama suyundaki bor konsantrasyonunun 1 ppm'lik değerlerinde, bora duyarlı bitkilerde zararlar oluştuğu, 10 ppm'lik değerlerinde ise bora dayanıklı bitkilerin bile zarar gördüğü saptanmıştır (Güngör ve Erözel, 1994).

Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) en önemli unsurlarından olan Harran ve Suruç Ovaları sulu tarımın yoğun olarak yapıldığı ovalardır. Söz konusu ovalarda yaygın olarak pamuk yetiştirilmektedir. Pamuk, tekstil sanayi başta olmak üzere birçok farklı sanayi kollarında

kullanılabildiğinden hem ekonomik hem de sosyal açıdan birçok ülke ekonomisi için stratejik bir üründür. Ülkemiz için de oldukça stratejik öneme sahip olan pamuk üretimi, en fazla bu bölgede yetiştirilmektedir. Ancak bilinçsiz yapılan sulamalar nedeniyle önemli miktarda su kayıpları meydana gelmektedir. Memba tarafında meydana gelen su kayıpları drenaj kanalları ile ovaların mansap tarafına ulaşmakta, farklı kirleticilerle kirlenen bu drenaj suları çiftçiler tarafından tekrar pamuk sulamalarında kullanılmaktadır.

Bu araştırmada, farklı düzeyde bor içeren sulama sularının pamuk bitkisinin gelişimine, verimine ve bazı kalite unsurlarına etkisi araştırılmıştır. Böylece gelecekte bölgede meydana gelebilecek bor kirliliği karşısında pamuk yetiştiriciliğinde bitki verim ve kalitesindeki olası değişimleri ve bitki ile toprakta olabilecek birikimler konusunda veriler elde edilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma yeri: Araştırma Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi AR-GE çalışma alanında yürütülmüştür. Araştırma yerinin deniz seviyesinden yüksekliği 480 m olup 36° 42' kuzey enlemi 38° 58' doğu boylamında yer almaktadır (Şekil 1).

İklim özellikleri: Türkiye'nin en sıcak yerlerinden olan Şanlıurfa'da kısmen Akdeniz ikliminin etkileri görülmekte olup, kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise çok sıcak ve kurak bir iklim hüküm sürmektedir. Denemenin yürütüldüğü 2017 Mayıs–Eylül döneminde uzun yıllar ortalamasının altında yağış (7.2 mm) düşmüştür. Aynı dönemin sıcaklık ortalaması ise 27.7 C ile uzun yıllar ortalamasına yakın olmuştur.



Şekil 1. Araştırma yerinin konumu

Toprak özellikleri: Araştırmada kullanılan toprak, deneme alanındaki toprakların 0-20 cm derinliğindeki üst katmanından alınmıştır. Alınan toprak materyali, içerisinde yer alan taş, çakıl ve bitki atıklarından arındırılmıştır. Denemede kullanılacak toprağı homojen hava kuru nem seviyesine getirmek amacıyla zaman zaman karıştırılmıştır.

Denemede toprağı homojen hava kuru nem seviyesine ulaştıktan sonra 5 mm'lik elekten geçirilmiş ardından 20 litrelik saksılara eşit şekilde doldurulmuştur. Aynı zamanda araştırmada kullanılacak topraktan örnekler alınarak Çizelge 1'de deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırma toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye Sınıfı	EC (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	TK (g g ⁻¹)	SN (g g ⁻¹)
0-20	32	49	19	C	0.83	7.51	25.6	0.322	0.201

Sulama suyunun özellikleri: Araştırmada kullanılan sulama suyu Fırat Nehri'nin suyunu Ceylanpınar Ovası'na ileten Mardin Ana Kanalı'ndan alınmıştır. Kullanılan sulama suyu bor içermemekte olup bazı kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Denemede bor seviyelerinin hazırlanması için borik asit (H₃BO₃) çözeltisi kullanılmıştır. Borik asitten 100 ppm'lik stok çözelti hazırlandıktan sonra kanal suyu ile seyreltmeler yapılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Sulama suyunun kimyasal özellikleri

EC dS m ⁻¹	Katyonlar (me l ⁻¹)				Anyonlar (me l ⁻¹)				pH	Bor ppm
	Ca-Mg	K	Na	Toplam	HCO ₃	Cl	SO ₄	Toplam		
0.354	3.2	0.02	0.08	3.3	1.9	1.1	0.3	3.3	7.45	0

Pamuk çeşidi: Araştırmada, bitki materyali olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak tercih edilen Stoneville-468 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Stoneville-468 çeşidi, yarı tüylü olup su stresine dirençli, uzun stabil boyda ve bitki biçimi ise konik yapıdadır. Orta erkenci bir çeşit olup, 100 tohum ağırlığı 9.6 g, lif uzunluğu 28.0 mm, lif inceliği 4.7 micronaire, lif kopma dayanıklılığı 31.2 g/tex, koza kütlü ağırlığı ise 4.8 g'dır (Harem, 2010).

Ziraat Fakültesi AR-GE çalışma alanında yürütülen bu araştırmada, arazi işlemlerine 25 Nisan 2017'de başlanmış ve 27 Ekim 2017'de yapılan hasat ile arazi çalışmaları tamamlanmıştır.

Deneme saksılarının hazırlanması: Araştırmada kullanılan toprak materyalleri homojen nem seviyesine getirildikten sonra 5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Ardından saksı başına 2 gram DAP gübresi düşecek şekilde DAP gübresi karıştırılarak saksılara eşit miktarda toprak (21.8 kg) doldurulmuştur. Araştırma süresi boyunca, uygulanan sulama sularının drene olabilmesi amacıyla saksıların alt bölgelerine 4-5 mm çapında delikler açılmış, her bir saksının altına drene edilen suyun toplanması için saksı altlıkları yerleştirilmiştir. Ardından

tüm saksılar sulama suyu uygulanarak doyurulmuştur. Saksıların tarla kapasitesindeki ağırlıklarını belirlemek için doyurulmuş saksılardan beşinin üstü naylon ile kapatılarak buharlaşmanın önüne geçilmiş, saksıların altında yer alan deliklerden su akışı takip edilmiştir. Saksılardan su akışının kesilmesi ile saksılar tartılmış ve böylece saksıların tarla kapasitesindeki ağırlıkları 26 kg olarak belirlenmiştir.

Daha sonra saksı topraklarının tava gelmesi ile her saksıya 3 adet pamuk tohumu ekilmiştir. Bitki çıkışları tamamlanıp bitki boylarının 5-7 cm ulaşmasıyla seyreltme yapılmış ve her bir saksıda 1 bitki bırakılmıştır. Ekimden hasada kadar saksı ağırlıkları takip edilerek sulama zamanları ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Bitkiler, çıkıştan belirli bir büyüklüğe gelinceye kadar eşit olarak kanal suyu ile sulanmış daha sonra borlu su uygulamasına geçirilmiştir.

Deneme konuları: Tesadüf parselleri deneme deseninde 6 tekerrürlü olarak yürütülen bu araştırmada, biri kontrol olmak üzere sulama suyunda 7 farklı bor konsantrasyonu ele alınmıştır (Çizelge 3). Kontrol konusu bor içermeyen su ile sulanırken, diğer konulara konu gereği olan düzeyde bor içeren sular uygulanmıştır.

Çizelge 3. Deneme konuları

Konular	Bor konsantrasyonları (ppm)
B ₀ (kontrol)	0.0
B ₁	1.0
B _{2,5}	2.5
B ₅	5.0
B ₁₀	10.0
B ₁₅	15.0
B ₂₀	20.0
B ₂₅	25.0

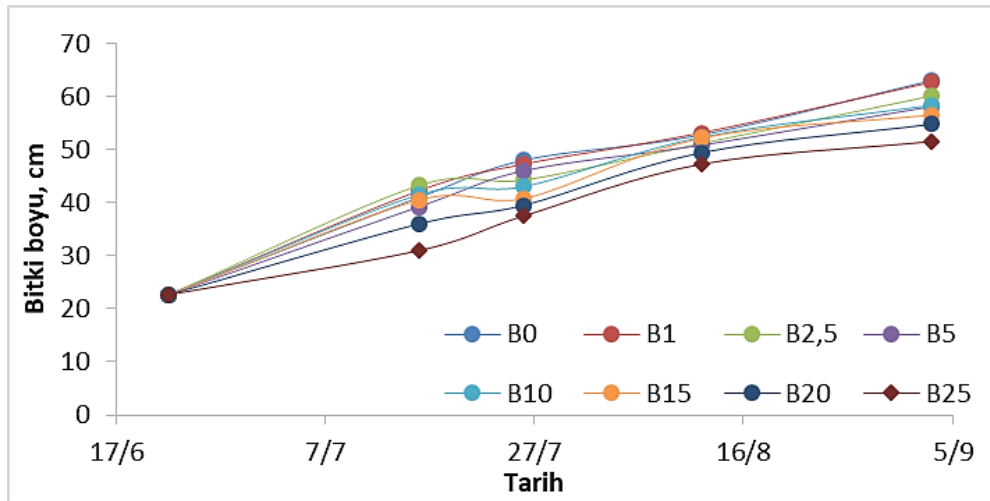
Analiz ve değerlendirme yöntemleri: Deneme süresince bitkilerin gelişimi izlenmiş, hasat olgunluğuna gelmeleriyle birlikte bitkiler kök hizasından kesilerek hasat edilmiştir. Hasat edilen bitki örnekleri konulara göre tartılıp yaş ağırlıkları alınmıştır. Yaş bitkiler üzeri delinen kese kağıtlarına konularak 65 °C sıcaklıktaki fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve daha sonra tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bitkilerdeki tüm kozalar toplanarak kalite analizleri yapılmıştır. Toprak ve su örneklerindeki tüm analizler Tüzüner (1990)'da belirtilen esaslara göre bitkide bor tayini ise ICP cihazı ile yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizi için Minitab programı kullanılmıştır. Denemedeki farklılıkların belirlenmesinde de Tukey testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama uygulamaları: Sulama zamanları ve sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde kontrol konusu (B₀) dikkate alınmıştır. Bu konuya ait deneme saksıların ağırlıkları sezon boyunca takip edilmiş elverişli kapasitenin yaklaşık %50'si tüketildikçe sulama yapılarak eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Ancak, ekimden 17 Haziran tarihine kadar olan dönemde çıkışların ve bitki gelişiminin sağlıklı olması için 7 kez konusuz su uygulamaları yapılmıştır. Bu sulamalar bor içermeyen kanal suyu ile yapılmış olup saksı başına toplam 12.0 litre su uygulanmıştır.

Konulu uygulamalara ise 22 Haziran'da başlanmış ve 6 Ekim tarihine kadar devam edilmiştir. Bu dönemde yapılan 30 sulamada, her konuya ait hazırlanan bor çözeltilerinden toplam 93.5 l saksı⁻¹ sulama suyu uygulanmıştır. Pamuk yetiştirme sezonu boyunca 30'u konulu olmak üzere toplam 37 kez sulama yapılmıştır. Bu sulamalarda her bir saksıya toplamda 105.5 litre su uygulanmıştır.

Bitki boyu gelişimi: Araştırmadaki her bir deneme konusundan 3'er bitki seçilmiş ve sezon boyunca seçilen bitkilerin boyları takip edilmiştir. Araştırmada, konulara uygulanan farklı bor çözeltilerinin bitki boy gelişimine etkileri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Bitki boylarının gelişimi

Araştırma konularına farklı konsantrasyonda borun verilmesiyle beraber bitki boylarında farklılaşmalar meydana gelmiştir. İlk bor uygulamasının yapılmasıyla beraber bu farklılıklar oluşmaya başlamış olup özellikle 14 Temmuz 2017 tarihinde B₂₅ konusunda bu farklılıklar bariz olarak ortaya çıkmıştır. En düşük bitki boyu bor uygulamasının 25 ppm yapıldığı B₂₅ konusunda gerçekleşmiştir. Son sulamanın yapıldığı tarihte bu

konunun ortalama bitki boyu 51.5 cm olarak ölçülmüştür. Aydın'da Kaptan (2013) tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçları da sulama suyundaki yüksek bor konsantrasyonunun bitki gelişimini olumsuz etkilediğini teyit etmektedir.

En yüksek bitki boyu ise bor uygulamasının yapılmadığı kontrol konusundan (B₀) elde edilmiş ve son ölçümün yapıldığı tarihte ortalama bitki boyu 63 cm olarak

saptanmıştır. Bitki boylarının sulama suyundaki bor düzeylerine bağlı olarak orantılı bir şekilde kısaldığı, sulama suyundaki bor miktarı arttıkça, özellikle 5 ppm'den (B₅) sonra bitki üzerinde toksit etki olduğu belirlenmiştir. Borun daha az uygulandığı B₁, B_{2.5} ve B₅ konularında vejetatif aksamalarını daha iyi geliştiren bitkilerin olduğu görülmüştür. Diğer bor konularında

bitkilerin boy uzamasından ziyade boğum aralarını kısa tutup daha fazla çiçek ve koza tutumu yaptığı gözlemlenmiştir. Pamuk bitkisinin hasada gelmesi ile saksılarda bulunan bitkiler toprak seviyesinden kesilerek hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde ve saksı toprağında bazı ölçüm ve analizler yapılmış elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Deneme konularına ilişkin bazı tartım ve analiz sonuçları

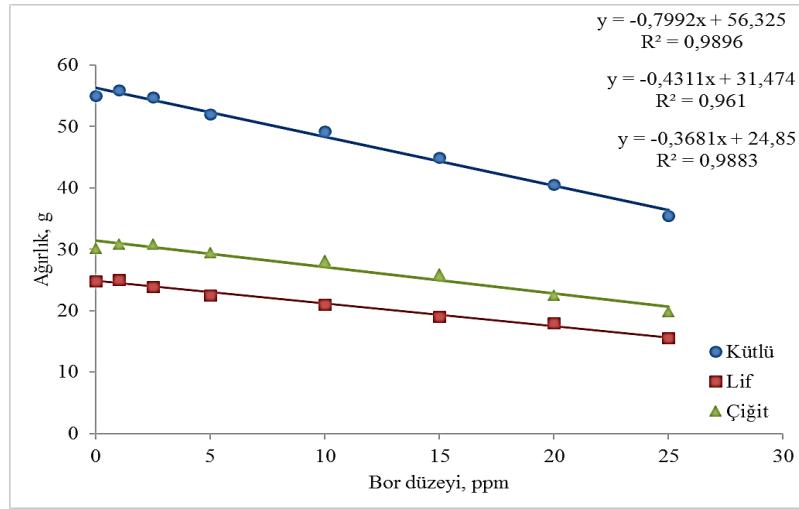
Konular	Yaş ağırlık (g bitki ⁻¹)	Kuru ağırlık (g bitki ⁻¹)	Kütlü ağ. (g bitki ⁻¹)	Lif ağ. (g bitki ⁻¹)	Çiğit (g bitki ⁻¹)	Yaprakta Bor (ppm)	Toprakta Bor (ppm)
B ₀	271ab ^x	141.4a	55.0a	24.8a	30.2a	180.2g	0.12f
B ₁	283a	138.4ab	55.9a	25.1a	30.8a	184.7fg	0.22f
B _{2.5}	261ab	134.6ab	54.7a	23.9ab	30.9a	209.8ef	0.27ef
B ₅	243bc	126.5bc	52.0ab	22.5abc	29.5a	216.8de	0.41e
B ₁₀	220c	118.6cd	49.2bc	21.0bcd	28.2ab	239.7d	1.09d
B ₁₅	186d	111.2de	45.0cd	19.0cde	26.b	272c	1.71c
B ₂₀	157de	100.1ef	40.5d	18.0de	22.5c	303.7b	2.49b
B ₂₅	131e	91.4f	35.5e	15.6e	19.9c	393.1a	3.33a
F	62.51**	32.53**	57.30**	18.44**	33.94**	131.02**	1138.4**
CV	7.89	6.54	5.01	9.29	6.34	6.12	7.26

^xGruplamalar Tukey testi (0.05) ile yapılmıştır, ** p≤0.01

Bitki yaş ve kuru ağırlığı: Araştırma konularının ortalama bitki yaş ağırlıkları 131 g ile 283 g arasında değişmiştir. Bor uygulaması ile bitki yaş ağırlığı önce artmış, suda bor konsantrasyonunun artmasıyla yaş ağırlıkta azalmalar meydana gelmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu sulama suyundaki bor konsantrasyonunun pamukta biyomasi %1 önem seviyesinde etkilediği saptanmıştır. Borun düşük konsantrasyonu besin elementi olarak biomasda artış sağlarken 2.5 ppm düzeyinden itibaren toksik etki yaptığı görülmüştür. Konuların biomas verimleri Tukey testi (0.05) ile karşılaştırılmış olup ilk grupta B₁ konusu yer alırken kontrol konusu onu takip etmiştir. Sulama suyu bor konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak diğer konular alt gruplarda yer almışlardır. Farklı bitkilerle yapılan birçok araştırma da yüksek bor düzeyinin bitki yaş ağırlığını olumsuz etkilediğini bildirmektedir (Güneş ve ark., 2000; Lee, 2006; Sotiropoulos ve ark., 2003; Ardıç, 2006). Sulama suyu bor içerikleri yaş ağırlığa benzer şekilde kuru madde ağırlıklarını da etkilemiştir. Sulama suyunda

bor düzeyinin artmasıyla ters orantılı olarak bitki kuru ağırlıklarında düşüş meydana gelmiştir. 1 ppm bor içeren B₁ uygulaması ile meydana gelen düşüş önemsiz iken sulama suyundaki 2.5 ppm'lik bor yaş ağırlığı olumsuz olarak önemli düzeyde etkilemiştir. Sudaki bor miktarının artış ile bu olumsuz etki artarak devam etmiştir. 25 ppm bor uygulanan bitkilerin kuru ağırlıkları kontrol konusuna göre %35 düşük olmuştur. Borun bitki gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bazı araştırmalarda benzer sonuçlar bulunmuştur. Örneğin Brennan ve Adcock (2004), arpa bitkisinde yaptıkları araştırmada yüksek bor konsantrasyonunun bitki kuru maddesinde düşüşe neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Kütlü, lif ve çiğit verimi: Araştırmada sulama suyu bor düzeyi ile kütlü, lif ve çiğit verimleri arasında önemli düzeyde negatif yönde parabolik bir ilişki söz konusudur. Determinasyon katsayısı (R²) kütlü, lif ve çiğit verimlerinin her üçü için de 0.99 olarak bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Sulama suyu bor içeriği ile kütlü, lif ve çığit verimi ilişkisi

Deneme konularının kütlü, lif ve çığit verimleri sudaki bor konsantrasyonundan negatif yönde etkilenmeleri varyans analizine tabi tutulmuş, analiz sonuçlarına göre konular arasında %1 önem seviyesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 4). 1 ppm bor uygulaması bitki başına kütlü verimini bir miktar artırsa da en az bor içeren 3 konu (B₀, B₁, B_{2.5}) ilk grupta yer almışlardır. Uygulanan bor miktarının artmasıyla kütlü verimleri azalmış B₁ konusunda 55.9 g olan verim B₂₅ konusunda 35.5 grama kadar düşmüştür. Kaptan (2013)'de pamukta yürüttüğü araştırmada sulama suyundaki yüksek bor içeriğinin kütlü verimini düşürdüğünü bildirmiştir. Sulama suyundaki bor içeriğinin lif ağırlıklarına etkisi kütlü verim sonuçlarına benzerlik göstermiştir. Bitkilere az miktarda (1 ppm) bor uygulaması istatistiki anlamda önemli olmasa da lif verimini artırmıştır. 1 ppm'den fazla bor uygulanan konular uygulanan bor miktarına ters orantılı olarak lif verimleri düşmüştür. Deneme konularının çığit verimleri ise kütlü ve lif veriminden farklı olarak 5 ppm bor düzeyine kadar önemli bir farklılaşma göstermemiştir. Dahası en yüksek çığit verimi B_{2.5} konusundan elde edilmiştir. Tukey gruplamasına göre konular 4 ayrı grupta yer alsalar da çığit veriminde belirgin düşüş 15 ppm düzeyinden itibaren başlamıştır.

Toprakta ve bitkide bor: sulama suyunda bulunan farklı bor düzeyleri gerek toprakta gerekse bitki yapraklarında farklı miktarlarda bor birikmelerine neden olmuştur. Bor uygulanmayan B₀ konusunda yaprakların bor içeriği 180.2 ppm bulunurken, uygulanan bor düzeyi arttıkça yapraklarda da bor içeriği artış göstermiş ve B₂₅ konusunda 393.1 ppm düzeyine ulaşmıştır. Yaprak bor içerikleri istatistiki olarak değerlendirildiğinde konular arasında %1 önem seviyesinde farklılık bulunmuş, bunun üzerine yapılan Tukey testi sonucu denemede ele alınan 8 konunun ayrı gruplarda yer almıştır. Toprakta bor birikimleri yaprakta bor birikimlerine benzerlik gösterse de deneme konuları arasındaki farklar daha belirgin olmuştur. Öyle ki B₂₅ konusunda toprakta biriken bor miktarı B₁ konusunun yaklaşık 15 katı olmuştur. Tanık konudan itibaren uygulanan bor miktarı arttıkça toprakta bor birikimi artış gösterse de özellikle B₁₀ konusundan itibaren belirgin artışlar söz konusudur.

Borun lif kalitesine etkisi: Araştırma sonucunda tek bitkiden elde edilen lif miktarının kalite analizi için yetersiz olması nedeniyle 6 tekerrürden elde edilen lifler birleştirilerek bazı kalite analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Pamuk kalitesine ilişkin lif analiz sonuçları

Konular	Lif inceliği (micronair)	Lif uzunluğu (mm)	Lif mukavemeti (g tex ⁻¹)
Kontrol	3.51	30.5	34.8
B ₁	3.63	29.7	32.5
B _{2.5}	4.22	30.0	37.4
B ₅	3.46	29.0	33.5
B ₁₀	3.82	28.4	30.6
B ₁₅	4.20	29.6	35.0
B ₂₀	4.61	28.3	33.6
B ₂₅	4.10	28.1	35.6

Pamukta önemli kalite kriterleri lif inceliği, lif uzunluğu ve lif mukavemetidir. Lif analizi sonuçları sulama suyundaki yüksek bor konsantrasyonunun lifte kalınlaşmaya neden olduğunu dolayısı ile kalite düşüklüğüne neden olduğunu göstermektedir. Yine yüksek bor düzeyi, lif uzunluğunu da olumsuz etkilemekte ve liflerin kısa olmasına yol açmaktadır. Sulama suyundaki borun lif mukavemetinde ise belirgin bir etkisi gözlenmemiştir.

Bu çalışmada 0 ppm'den 25 ppm'e kadar farklı konsantrasyonlarda bor içeren sulama sularının pamuğun gelişimine ve kalitesine etkisi araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre birçok bitki için toksik etki yapacak bor içeren sulama suları ile pamuk yetiştiriciliği yapılabilir. 5 ppm'e kadar bor içeren sulama suyu pamukta kütlü, lif ve çığit miktarını önemli düzeyde etkilememiştir. Daha yüksek bor düzeylerinde verim ve kalite de bir miktar düşüş meydana gelse de su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda bor içeren sular tarımda kullanılabilir. Ancak borun toprakta birikmesini önlemek için üretim sezonu sonunda toprakta yıkama yapılmalıdır. Aynı zamanda, bor bir bitki besin elementi olduğundan pamuk bitkisinin verimini ve kalitesini artırmak için düşük miktarda bor içeren topraklara sulama suyu ile 1 ppm bor verilmelidir.

ÖZET

Amaç: Bor elementinin eksikliği bitki gelişimini olumsuz etkilerken fazlalığı da toksik etki yapmaktadır. Bu çalışma, farklı konsantrasyonda bor içeren sulama sularının, bora dayanaklı bir bitki olan pamuk bitkisindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Yöntemler ve Bulgular: Araştırmada biri kontrol, yedisi farklı bor konsantrasyonları olmak üzere 8 ayrı deneme konusu (0, 1, 2.5, 5, 10, 15, 20, 25 ppm) ele alınmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde ve altı tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme süresince bitki gelişimi takip edilmiş ve deneme sonunda borun bitki boyu, yaş ağırlığı, kuru ağırlığı, lif kalitesi, yaprakta ve toprakta biriken bor miktarına etkisi saptanmıştır. Az miktardaki bor uygulamasının verimi artırdığı belirlenmiştir. Sulama suyundaki bor içeriği pamuğun, boyunu, yaş ve kuru ağırlığını, lif ve çığit verimini önemli düzeyde etkilemiştir. Konulardan elde edilen bitki boyları, yaş ağırlıkları ve kuru ağırlıkları sırasıyla 51.5 cm ile 63.0 cm, 131 g ile 283 g ve 55.97 g ile 86.37 gram arasında değişmiştir.

Genel Yorum: Sulama suyunun bor içeriğindeki artış bitkide ve toprakta bor birikmesine neden olmuştur.

Buna bağlı olarak bitkinin gelişmesini ve verimi olumsuz yönde etkilemiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Su kaynaklarımızın yetersiz oluşunun yanında suya olan talebin artışı bazı marjinal suların tarımda kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları bize, borlu suların araştırma sonuçlarına uygun şekilde uygulandığında sulama suyu olarak kullanılabilirliklerini göstermektedir

Anahtar kelimeler: Bor, pamuk, verim, kalite, gelişme

TEŞEKKÜR

Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı (HÜBAK) tarafından 17240 numaralı proje ile desteklenmiştir. İlgili kuruma desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Bu çalışma, İbrahim Halil ÇEVİK'in Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir. Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığı beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ardıç M (2006). Bor toksisitesinin nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerindeki etkileri. Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s.
- Blevins DG, Lukaszewski KM (1994). Proposed physiologic functions of boron in plants pertinent to animal and human metabolism, *Environ Health Perspect*, 102(7): 31-33.
- Brennan RF, Adcock KG (2004). Incidence of boron toxicity in springbarley in Southwestern Australia. *Journal of Plant Nutrition*, 27(3):411-425.
- Cömert A, Kale Çelik S (2017). Farklı Toprak bünyelerinde sulama suyu bor düzeylerinin fasulye bitkisi verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3): 323-331.
- Gupta UC, Jame YW, Campbell CA, Leyshon AJ, Nichololaichuk W (1985). Boron toxicity and deficiency: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 65: 381-409.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A (2000). Bitki besleme ve gübreleme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1514, Ders Kitabı No:467, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Güngör Y, Erözel AZ (1994). Drenaj ve arazi ıslahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1341: 232-235, Ankara.

Harem E (2010). Türkiye’de tescil edilen pamuk çeşitleri (İkinci Baskı) Şanlıurfa GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Yayın No: 165.192s, Şanlıurfa.

Kaptan MA (2013). Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Bor toksisitesi ve humik madde uygulamasının etkileri Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 191s, Aydın.

Lee SKD (2006). Hot Pepper response to interactive effects of salinity and boron. *Plant Soil Environment*, 52: 227-233.

Paul JG, Cartwright B, Rathjen AJ (1988). Responses of wheat and barley genotypes toxic concentrations of soil boron, *Euphytica*, 39: 137-144.

Sotiropoulos TE, Therios N, Dimassi KN (2003). Boron toxicity in kiwifruit (*Actinidia Deliciosa* L.), treated with nitrate, ammonium, and a mixture of both. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166: 529-532.

Tüzüner A (1990). Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayını, 374s, Ankara.



Irrigation scheduling based on Crop Water Stress Index (CWSI) for cool and warm-season turf grass under subsurface-drip irrigation method

C. Sabahattin Oncel¹ , Mladen Todorovic¹ , A. Halim Orta² 

¹Land and Water Management, Mediterranean Agronomic Institute of Bari (CIHEAM-IAMB), Via Ceglie 9, Valenzano, Bari 70010, ITALY

²Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, 59030 Tekirdag, TURKEY

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi / Received: 09.10.2019

Kabul tarihi / Accepted: 16.12.2019

Keywords:

Landscape irrigation, evapotranspiration, canopy temperature, water use efficiency, crop coefficient.

✉ Corresponding author: A. Halim ORTA

✉: horta@nku.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: This study was conducted to determine irrigation scheduling based on the Crop Water Stress Index (CWSI) of cool (CS) and warm-season (WS) turfgrass species under subsurface-drip irrigation method.

Methods and Results: The field experiment was carried out during the summer period of 2018 in the Agricultural Production and Research Centre (TURAM) of Silivri municipality, Istanbul-Turkey. Specific objectives were to measure actual evapotranspiration (ET_c) values for both turfgrass types, to compare their responses to different water levels, to determine CWSI values for both turfgrass species under different irrigation scheduling and opportunity of using CWSI in irrigation timing, to compare ET_c with reference to evapotranspiration (ET_o) calculated with five different methods and to determine crop coefficient curve (k_c) for experimental conditions, and to focus on the crop growing and irrigation management parameters under subsurface-drip irrigation method. Three irrigation strategies [I1:30%, I2:50%, and I3:70%] were tested in a split-plot randomized complete block design with three replications. These strategies corresponded, respectively, to 30%, 50% and 70% of total available soil moisture depletion at 0-30 cm of the effective root zone and returning soil moisture back to field capacity. The results indicated that colour, quality, fresh yield, dry matter yield, irrigation water use efficiency, water use efficiency, vegetation height and mowing were significantly different in terms of irrigation strategies for both species. The most appropriate irrigation strategies were I2:50% for CS and I3:70% for WS turfgrass which corresponded to a CWSI of 0.47 and 0.45, respectively.

Conclusions: The amount of applied irrigation water in WS turfgrass was 53% less than in CS turfgrass. Actual evapotranspiration was 26% lower for WS than for CS turfgrass.

Significance and Impact of the Study: These results obtained from the experiments will help choosing of turf type and irrigation scheduling to save water in urban areas.

Atif / Citation: Oncel CS, Todorovic M, Orta AH (2019) Irrigation scheduling based on Crop Water Stress Index (CWSI) for cool and warm-season turf grass under subsurface-drip irrigation method. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :24-40

INTRODUCTION

Irrigation scheduling methods are generally based on measurement of soil water content or meteorological

parameters for modelling or computing evapotranspiration. In addition, methods based on crop monitoring have become widely used, including porometers, pressure chambers, etc. In general, these approaches rely on direct contact with the crop;

however, methods based on remote sensing, such as infrared thermometers (IRTs), have become the preferred methods for detecting crop water stress. This remote sensing through measurement of a crop's surface temperature can be accomplished with no damage. The correlation between surface temperature and water stress is based on the assumption that, as the crop goes under water stress, the stomata close, transpiration decreases and leaf temperature increases. In practice, leaf/canopy temperature obtained by hand-held IRTs could be used in the Crop Water Stress Index (CWSI) method, defined by Idso et al., (1981). The idea of CWSI is first to determine minimum water stress (lower baseline) under well irrigated conditions, maximum water stress (upper baseline) under rain-field conditions and then periodically monitor leaf/canopy temperature between the minimum and maximum stress conditions with respect to water deficit. Technically, lower baseline has been based on empirical linear relationships between canopy-air temperature difference ($T_c - T_a$) and vapour pressure deficit (VPD); however, upper baseline depends on the ($T_c - T_a$). T_a and VPD have been obtained in several ways, including use of a psychrometer to get dry and wet bulb temperatures, or use of other temperature and humidity measuring devices and accompanying software built into an infrared thermometer and data logging system.

Many studies have reported on determination of CWSI for different turfgrasses. For example, (Jalali-Farahani et al., 1994) reported that crop water stress index (CWSI) values of Bermuda grass should be 0.16 to start irrigation to maintain quality in Tucson, AZ. Similar CWSI value of Bermuda grass, 0.15, was found by Bijanzadeh et al. (2013) for maintaining quality of turfgrass in Shiraz Iran. Also, (Emekli et al., 2007) suggested that, for good quality, the CWSI value should be 0.10 to start irrigation for Bermuda grass in Antalya Turkey.

The main purpose of this study was to determine irrigation scheduling of warm-season and cool-season turfgrass under subsurface-drip irrigation system in the

western part of Turkey. Specific objectives are the following: to measure actual ET_c (crop Evapotranspiration) values for both turfgrass species, to compare cool and warm season turfgrass in the concept of actual ET_c and their response to different water levels, to determine CWSI values for both turfgrass species under different irrigation scheduling and opportunity of using CWSI in irrigation timing, to focus on crop growing and irrigation management parameters under subsurface-drip irrigation method.

MATERIAL and METHODS

The field experiment was carried out during the summer period of 2018 in the Agricultural Production and Research Centre (TURAM) of Silivri municipality, Istanbul,-Turkey (41°03'N; 28°00'E; 46 m a.s.l.) (Figure 1). Disturbed and undisturbed soil samples were taken from soil layers at 30 cm depth of opened profile for determining physical properties of soil such as texture, bulk density, field capacity, wilting point, and some chemical properties. Soil samples were taken according to the specified principles in Blake, (1965) from soil layers at 30 cm depth of 60 cm soil profile, and water samples from pump and study areas were taken to determine quality by Sodium Absorption Ratio (SAR) and Electrical Conductivity (EC) parameters. Soil and water samples were measured by Atatürk Soil And Water Agricultural Meteorology Research Institute. Infiltration rate was measured on-site using a double ring infiltrometer. Necessary meteorological parameters were measured by an automatic meteorological station located just near the experimental field and manual pluviometry in the field supported the station in terms of precipitation. The amount of water evaporated was measured by Class A pan. Ambient conditions of Class A pan represented Case B as described in the FAO 56 (Allen et al., 2006).



Figure 1. View of the study area

Experimental Background

The experiment was designed in Split-Plots (SP) in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Main treatments were two different species: Cool-Season (CS) turfgrass (10% *Poa pratensis*, 25% *Festuca rubra* var. *rubra*, 30% *Lolium perenne*, 35% *Festuca arundinacea*) and Warm-Season (WS) (*Cynodon dactylon* L. Pers.) turfgrasses. Sub-treatments were three different irrigation strategies as a threshold (I1:30%, I2:50%, and I3:70%). These thresholds corresponded, respectively, to 30%, 50% and 70% of total available soil moisture depletion at 0-30 cm of the effective root zone and returning soil moisture back to field capacity (Figure 2). Each plot was 4 m² and there was a gap of 2 m within blocks and plots in order to avoid the side effects of seepage (Figure 3). Five laterals were installed and each lateral had 6 emitters, that is to say, 30 emitters are per plot. The plots were irrigated at nearly 10-15 cm depth by self-regulated in-line emitters with flow rates of 2.3 litres per hour at an operating pressure of more than 1 bar; emitter and lateral spacing were determined by previous researchers as 0.40 m according to emitter discharge and soil infiltration rate

to wet all plot area (Figure 4). Moreover, nearly 30 minute intervals were applied into the irrigation duration to let water infiltrate into the soil and to avoid possible deep percolation at 30-60 cm depth; this application is known as surge irrigation.

The soil water level was monitored daily in the middle block by using a soil moisture profile probe (PR2/6, Delta company, UK) with a soil moisture meter (HH2, Delta company, UK) for 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, and 0.60 m depths during the whole growing season (May-August). The soil water level was measured at nearly 9.00 a.m. daily and, when necessary, the plots were irrigated individually with their replications. Previous researchers (Bezirgan, 2018; Ayanoglu, 2018) calibrated PR2/6 profile probe by using the gravimetric method as described in Blake, (1965) (Figure 5). The amount of soil water in the 0.30 m top layer was used to initiate irrigation. Evapotranspiration for a 10-day period was calculated based on results of only the PR2/6 by applying the water balance method to the upper 0.60 m soil layer (Heerman, 1985). Thanks to this approach, possible deep percolation could be monitored at 30-60 cm for trustable calculation of actual crop evapotranspiration.

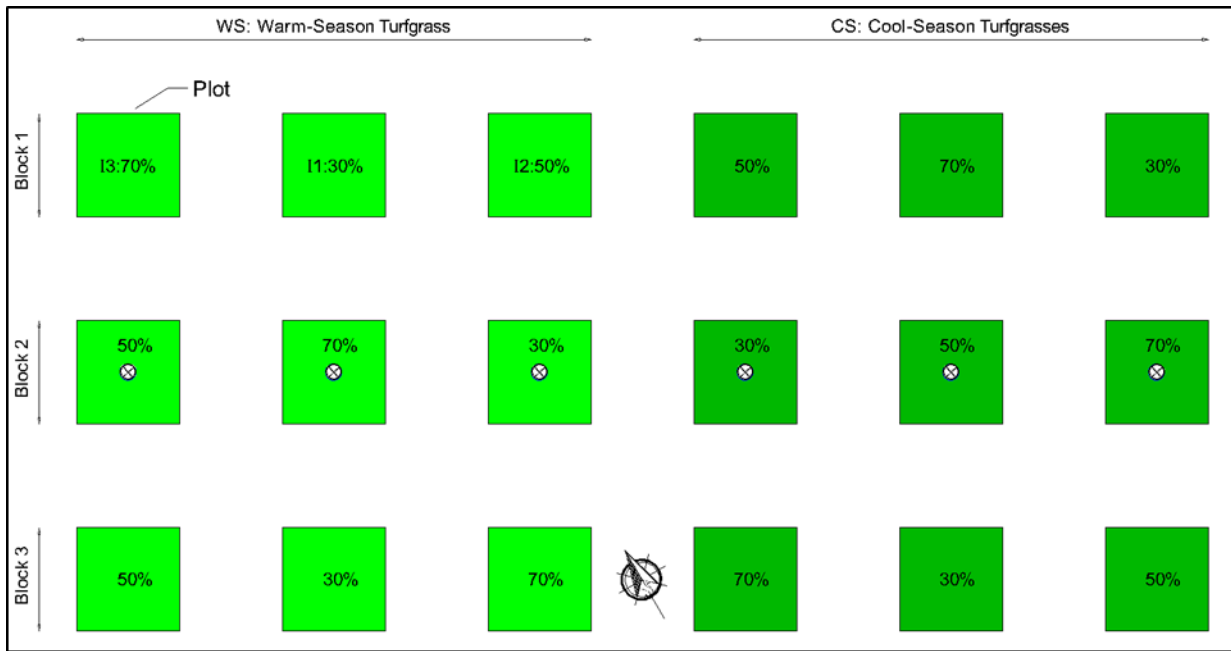


Figure 2. Experimental Design

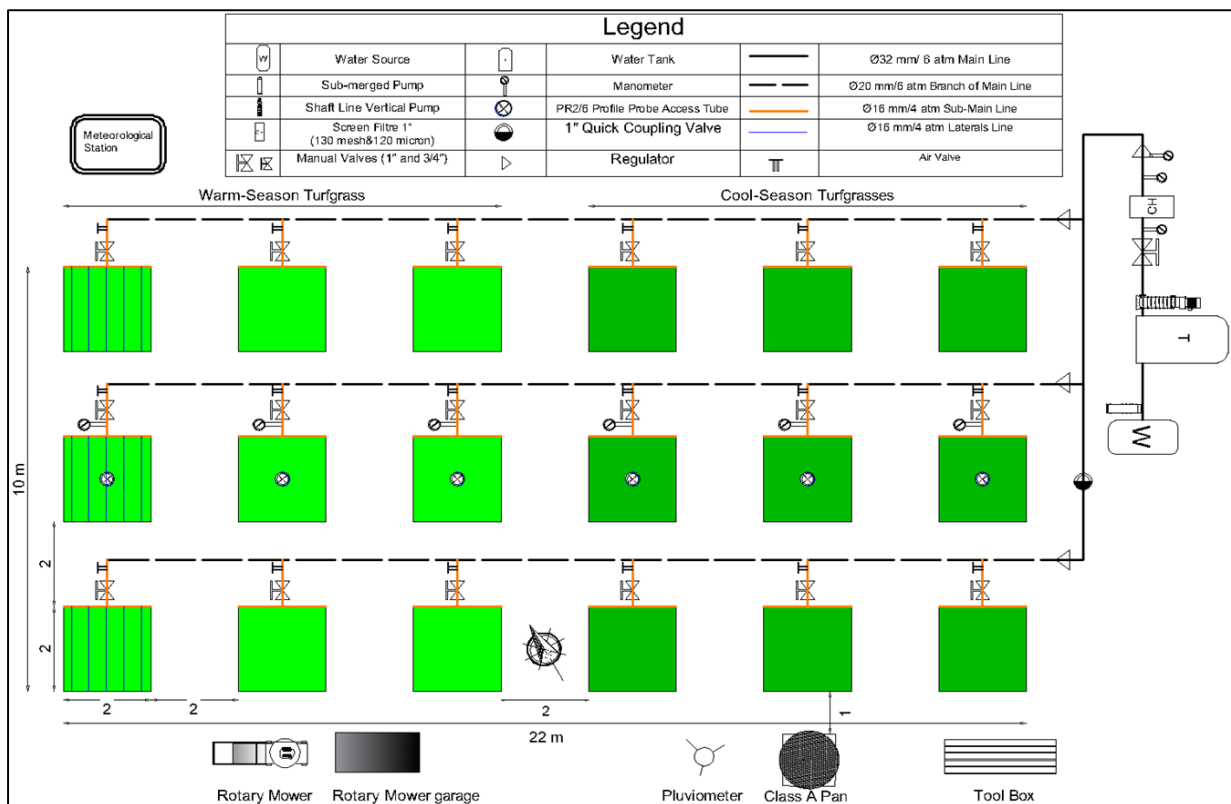


Figure 3. Layout of Experimental Field

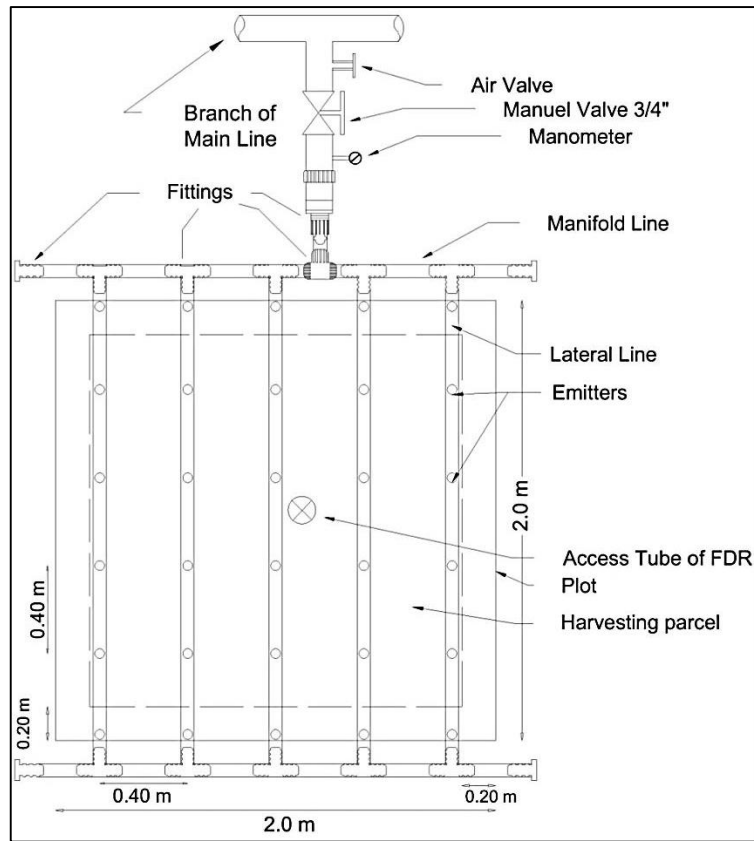


Figure 4. Details of a Plot

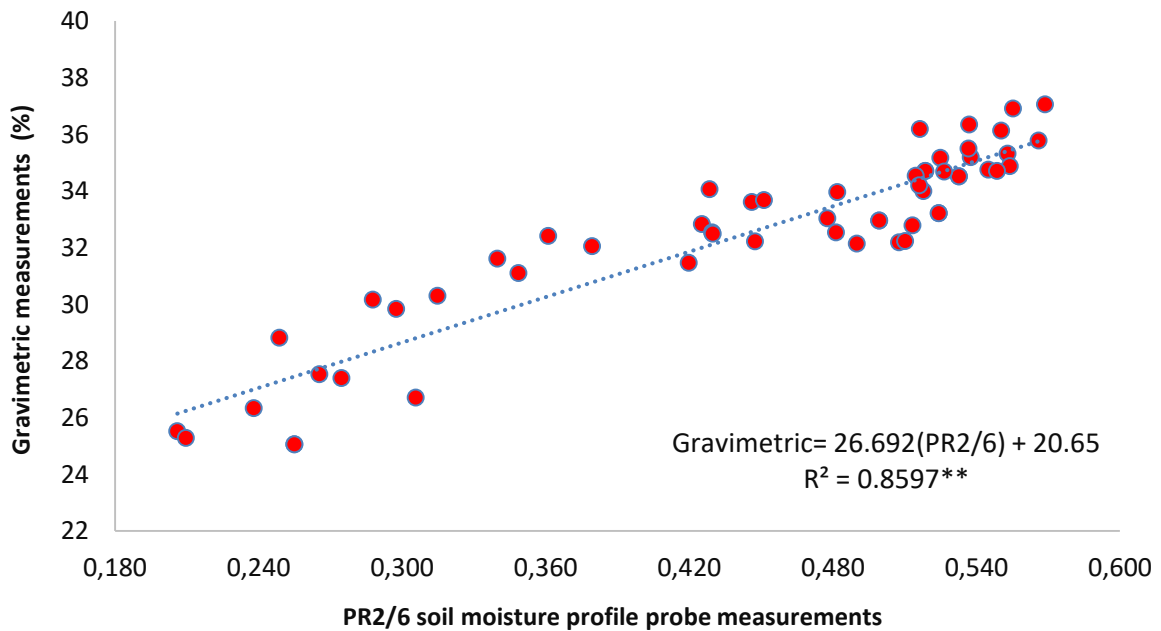


Figure 5. Calibration curve of PR2/6 Soil Moisture probe and its equation (Bezirgan, 2018; Ayanoglu, 2018)

Determination of Yield Characteristics, Irrigation Water Use Efficiency (IWUE) and Water Use Efficiency (WUE)

The warm-season turfgrass and cool-season turfgrass were mowed according the suggestion of one-third (1/3) of canopy height (Kopec & Umeda, 2015) by rotary

mower when they reached approximately 9-11 cm and 14-16 cm height, respectively, leaving nearly 5-6 cm vegetation height on the ground for both species after mowing (Figure 6).

After the mowing process, samples from each plot were

taken and weighed as fast as possible by digital scale to find fresh yield before taking Dry Matter Yield samples. Results were expressed in g m^{-2} (Brede & Duich, 1984; Avcioglu, 1997).

The most desirable turfgrass may be the species, varieties, cultivars that grow slowly while being always green, reducing environmental requirements such as irrigation, fertilizers, maintenance, etc. and tending to decrease dry matter yield. Possible correlation between dry matter yield and irrigation requirement of turfgrass was investigated. After mowing the grasses, approximately 500 g samples from each plot were collected and stored in paper bags. These were placed in a greenhouse to remove excess water from foliage and then dried at 78°C for 24 hours in a blight chamber, after which they were weighed by sensitive scale (Figure 7). Results were expressed by percentage (Brede & Duich, 1984; Avcioglu, 1997). Percentage (%) values were transformed to angle or aspect ($\arcsin\sqrt{\%}$) by using specially prepared tables for that conversion in order to apply the variance analysis and make interpretation statistically (Yurtsever, 1984); these values which were normally distributed after transformation.

Quality parameters of density, frequency, coverage and weed activity were observed for each plot and were evaluated periodically with a 1 to 9 scale (1: poor, 6: acceptable, 9: excellent) (Brede & Duich, 1984); (Avcioglu, 1997).

Each plot was evaluated periodically for colour of the crop within a 1 to 9 scale (1: yellow, 9: bottle green) (Brede & Duich, 1984; Avcioglu, 1997).

Water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE), which are fundamental criteria for comparing irrigation methods or evaluating any irrigation scheduling, can be expressed as a unit water utilization rate. Water use efficiency (WUE) is defined as grain yield (Y , gm^{-2}) divided by water use (ET_c ; Crop Evapotranspiration, mm) during the growing season (Aydinsakir et al., 2013) while irrigation water use efficiency (IWUE) is defined as the ratio of fresh yield of irrigated turfgrass (Y , gm^{-2}) and the amount of irrigation water (I , mm) applied throughout the season (Zhang & Owesis, 1999).

Data were analyzed with a Split-Plot with three replications in a Randomized Complete Block Model using software package "Jump 5.0.1". Treatment means such as Colour (Cr) and Quality (Qy), Vegetation Height and Mowing (VHM), Fresh Yield (FY) and Dry Matter Yield (DMY), Irrigation Water Use Efficiency (IWUE) and Water Use Efficiency (WUE) were compared using "LSmean student's t" test at $P=0.05$ if they were significant in the analysis of variance ($P<0.05\{*\}$ or $P<0.01\{**\}$). Measurement and observations such as reliability of Non-water-stress-baseline (NWSB) equation was analysed by t-test methodology at $P=0.01\{**\}$ or $P=0.05\{*\}$.



Figure 6. A mowing process for Warm-Season turfgrass and Cool-season turfgrass from left to right



Figure 7. Dry Matter Yield application

Crop Water Stress Index (CWSI)

CWSI was calculated according to (Idso et al. 1981) using canopy temperature (T_c). This was determined using a hand-held IRT (Model 574 precision, Fluke Corporation, Washington, USA) with a 3° field view and equipped with an 8–14 μm spectral band-pass filter. Air temperature and vapour pressure deficit (VPD; kPa) were taken daily

from an automatic meteorological station. The IRT was operated with emissivity adjustment set at 0.98. The IRT data collection was initiated on 1st July (DOY 182) and ended on 15th August (DOY 227) in the growing period for each plot. The canopy temperature for each plot was measured per hour of solar noon time (11:00 a.m. to 02:00 p.m.) at four cardinal directions (North, East, South, and West) under clear sky conditions (Figure 8, Figure 9). The lower baseline (Non-stress) was determined based on the well-irrigated plots (11:30%) for both species. Without supplying water regularly to turfgrass under the hottest conditions of summer, they can't survive. For this reason, there is no treatment in this study that is a non-irrigated plot; however, two small plots were established separately on 30th June for both species for determining the upper baseline (fully stressed) (Figure 10). Their dimensions are 50 cm x 50 cm at nearly 15 cm depth. They were measured daily per hour of extended time (10.00 a.m. to 04.00 p.m.) and measurements of upper baseline were finished on 9th July (DOY 190). At the end, two figures were prepared for both species for the calculation of Crop Water Stress Index (CWSI) values.



Figure 8. IRTs measurement under a clear sky at four cardinal directions in a plot for sub-treatment (I2:50%) of cool-season turfgrass while determining the NWSB.



Figure 9. IRTs measurement under a clear sky at four cardinal directions in a plot for sub-treatment (I2:50%) of warm-season turfgrass while determining the NWSB.

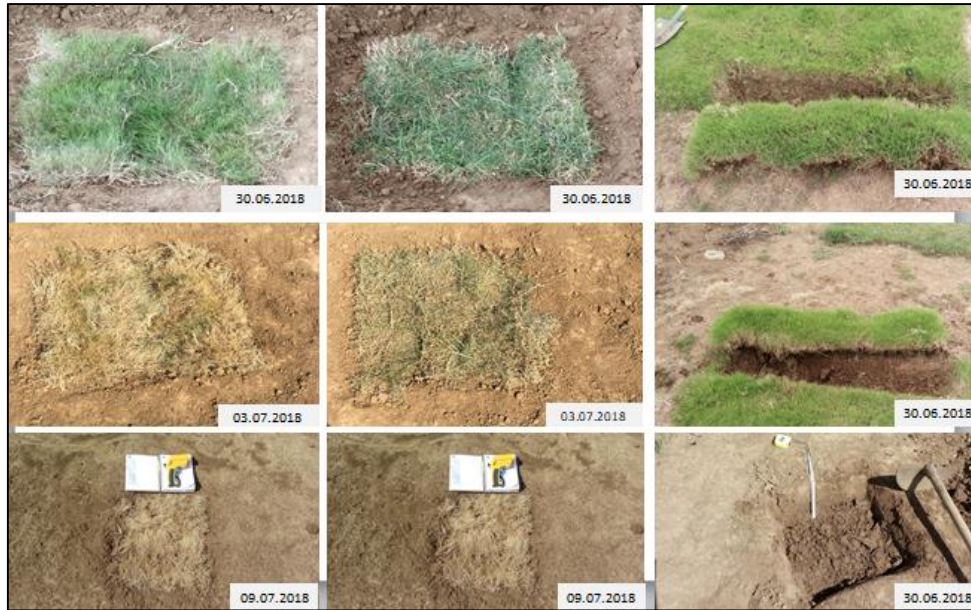


Figure 10. IRTs measurement for determining the WSB of Warm-season and Cool-season turfgrass from left to right respectively under a clear sky and soil preparation of Warm-season turfgrass

RESULTS and DISCUSSION

Soil, Water and Study Area

The soil of the experimental field at 0-30 and 30-60 cm depth was Clay-Loam (CL) [mid-heavy]. The soil of the area was a deep profile, no shallow underground water table in 1 m depth, and available soil moisture at 30 cm effective root zone of turfgrass was 41.03 mm. Saturation was nearly a half percentage and bulk density was 1.64 g cm^{-3} . The electrical conductivity (EC) of irrigation water was $555.7 \mu\text{Scm}^{-1}$ and the sodium absorption rate was 1.72, which was classified as C2S1 according to US Salinity Laboratory (US Salinity Laboratory Staff, 1954). The slope varied between 2%-7% from east to west.

Amount of Applied Irrigation Water, Evapotranspiration (ETc), Yield Characteristics, Irrigation Water Use Efficiency (IWUE) and Water Use Efficiency (WUE), Crop Water Stress Index (CWSI)

At the end of the study, it was very clear for both turfgrass species that maximum evapotranspiration (ETc) in the growing period had occurred in the I1:30% treatment because of enough water application; on the other hand ETc was minimum in the I3:70% treatment because of water stress (Table 1). In other words, much water created much consumption.

Colour (Cr) and Quality (Qy), Vegetation Height and Mowing (VHM), Fresh Yield (FY) and Dry Matter Yield (DMY), Irrigation Water Use Efficiency (IWUE) and Water Use Efficiency (WUE), and Crop Water Stress Index (CWSI) could be taken into consideration to decide the

proper irrigation scheduling for turfgrass (Table 2). Concerning CS turfgrass, the highest water consumption and the most frequent mowing were obtained by CS-I1:30% treatment. In addition, CS-I1:30% showed the darkest green colour, the densest texture, higher resistance to broad-leaf weeds, and the highest FY and DMY. However, the IWUE and the WUE were inefficient. Contrarily, the CS-I2:50% treatment required less water consumption and irrigation water. In case of landscape areas, although CS-I1:30% treatment will provide a good visual quality, it will cost in terms of fuel and labour, which is not the case of CS-I2:50% treatment that can provide good quality with less cost. Concerning the WS turfgrass, the different irrigation levels or sub-treatments did not affect significantly the quality parameters as in the case of CS turfgrass. The WS-I3:70% treatment which had less number and quantity of irrigation provided good visual appearance, with more WUE and IWUE. In the case of cool-season turfgrass, the CS-I2:50% treatment was irrigated 15 times, which is 309.9 mm, and leads to an actual ETc of 550.6 mm during the growing period (Figure 11). However, in the case of warm-season turfgrass, the WS-I3:70% treatment was irrigated seven times, 143.0 mm, and resulted in 404.9 mm of actual ETc (Figure 12).

Non-Water-Stress baselines with their equations based on treatments (CSI1:30% and WSI1:30%) and Maximum stress baselines of Cool-season and Warm-season turfgrass based on little plots are given in Figure 13 and Figure 14, respectively. The CWSI values were calculated for the period of 01.07.2018 (DOY: 182)-15.08.2018 (DOY: 227) based on those figures for both species with

their sub-treatments. The means of CWSI values were calculated according to the peak CWSI values for all treatments and the results are given in Figure 15. During the measurement period, CWSI values showed a variation within 0.17 and 0.75. In other words, WS-I1:30% treatment resulted in the smallest value; in spite of that, CS-I3:70% treatment resulted in the greatest value throughout the period. When separately evaluated, CWSI values for Cool-Season (CS) turfgrass

species ranged from 0.21 to 0.75, and corresponding values for Warm season turfgrass (WS) species were 0.17 and 0.45. The CWSI result of CS-I2:50% treatment is given in Figure 16 and WS-I3:70% treatment in Figure 17. Arrows in the figures indicate only the timing of irrigation application at the CWSI values which peaked before irrigation application.

Table 1. Total number of irrigations, total amount of irrigation water, rainfall, seasonal evapotranspiration for treatments

Treatment	Sub-Treatments	Number of irrigation	Irrigation water applied (mm)	Rainfall (mm)	Seasonal evapotranspiration (mm)
CS	I1:30%	24	345.9	186.2	635.9
	I2:50%	15	309.9		550.6
	I3:70%	10	245.3		462.0
WS	I1:30%	22	302.2		543.1
	I2:50%	13	266.4		492.3
	I3:70%	7	143.0		404.9

Table 2. Determination of Yield Characteristics and IWUE&WUE

Determination of Yield Characteristics	Sub-Treatments	Main Treatments		
		CS	WS	Mean
Colour (Cr)	I1:30%	8.98a	6.03c	7.50a
	I2:50%	7.85b	6.03c	6.94b
	I3:70%	5.98cd	5.90d	5.84c
	Mean	7.60a	5.99b	6.79
Quality (Qy)	I1:30%	8.30b	9.00a	8.65 a
	I2:50%	7.10c	9.00a	8.05b
	I3:70%	6.03d	8.96 a	7.49c
	Mean	7.14b	8.98 a	8.06
Vegetation height(VHM)	I1:30%	15.60 a	10.90d	13.25 a
	I2:50%	14.00b	10.97d	12.48b
	I3:70%	12.97c	9.90e	11.43c
	Mean	14.19a	10.59b	12.39
Fresh Yield (FY)	I1:30%	488.33 d	1200.00 a	844.17 a
	I2:50%	461.00 e	1161.00b	811.00 b
	I3:70%	428.00 f	1043.67c	735.83 c
	Mean	459.11b	1134.89 a	797.00
Dry Matter Yield (DMY)	I1:30%	34.8c	41.3 a	38.0 a
	I2:50%	27.6e	36.7b	32.1 b
	I3:70%	22.5f	31.4 d	26.9 c
	Mean	28.3b	36.4 a	32.3
Irrigation Water Use Efficiency (IWUE)	I1:30%	1.41e	3.97c	2.69d
	I2:50%	1.48ed	4.35b	2.92b
	I3:70%	1.74d	7.46 a	4.60 a
	Mean	1.54b	5.26 a	3.40
Water Use Efficiency (WUE)	I1:30%	0.77 f	2.21 c	1.49 c
	I2:50%	0.84 e	2.36 b	1.60 b
	I3:70%	0.93 d	2.57 a	1.75 a
	Mean	0.84 b	1.75 a	1.61
LSD P=0.05 t=2.22814	Levels not connected by the same letter are significantly different.			

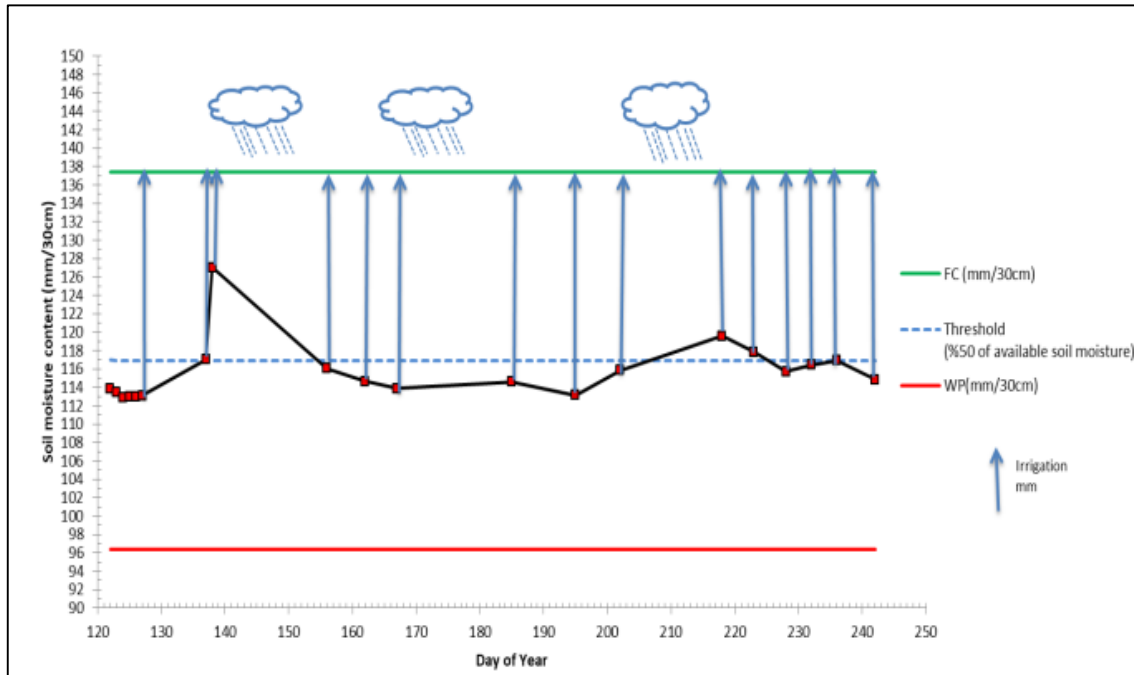


Figure 11. Soil moisture level at 0-30cm depth before irrigation application for CS-I2:50%.

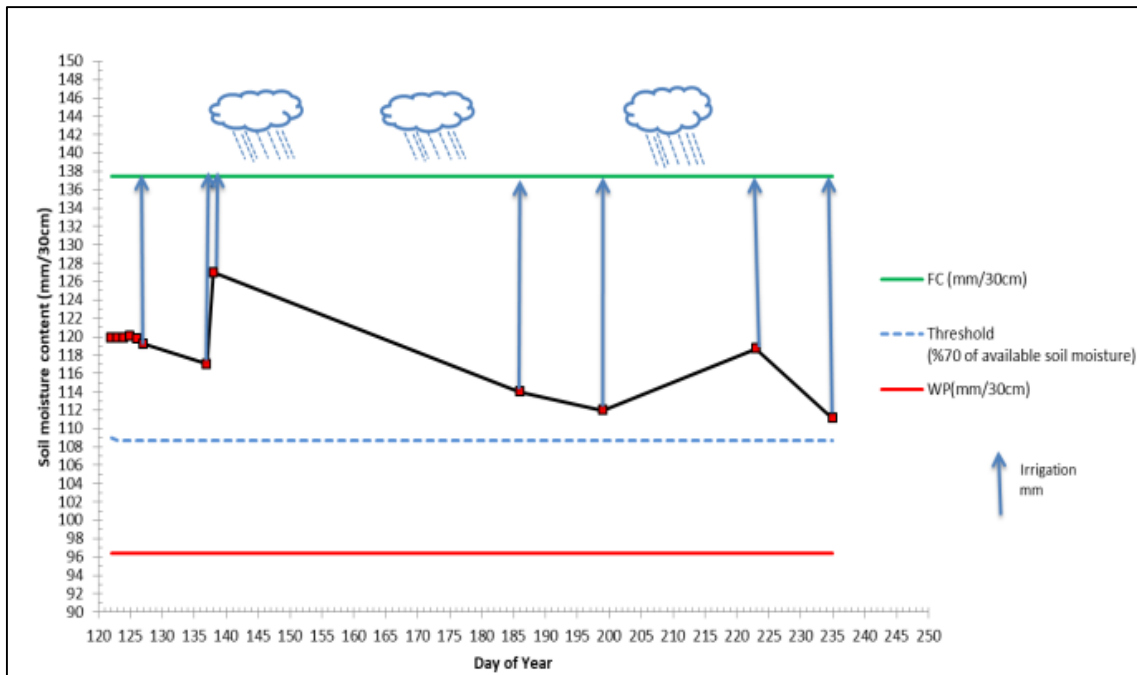


Figure 12. Soil moisture level at 0-30cm depth before irrigation application for WS-I3:70%.

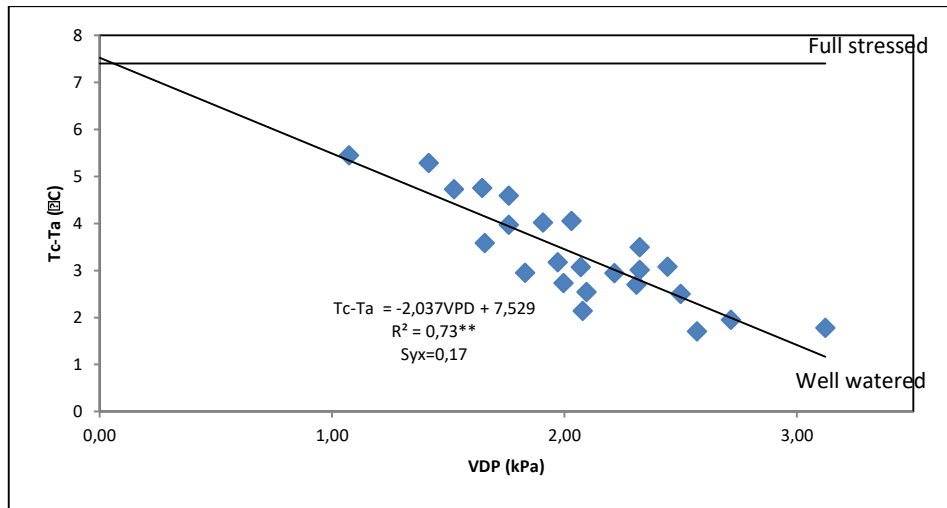


Figure 13. Graphical depiction of the non-water-stressed baseline equation and MAX baseline for CS-I1:30%.

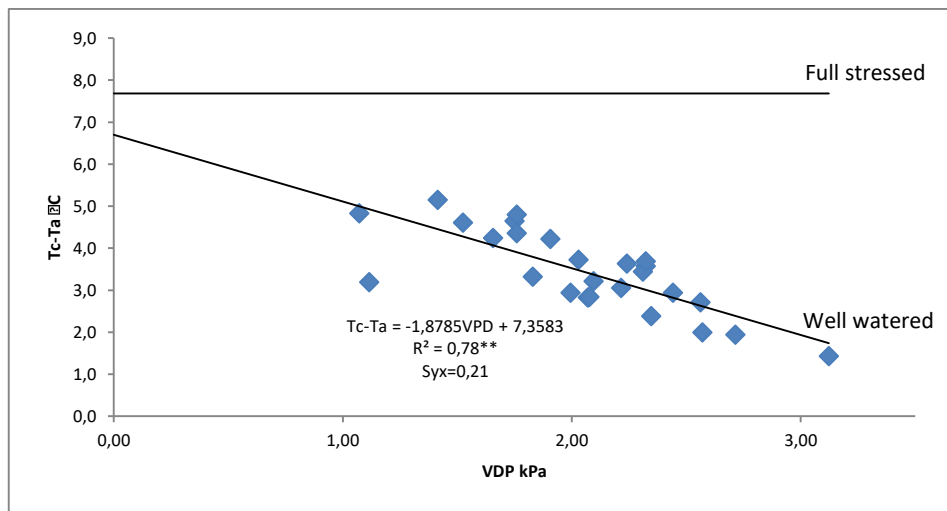


Figure 14. Graphical depiction of the non-water-stressed baseline equation and MAX baseline for WS-I1:30%.

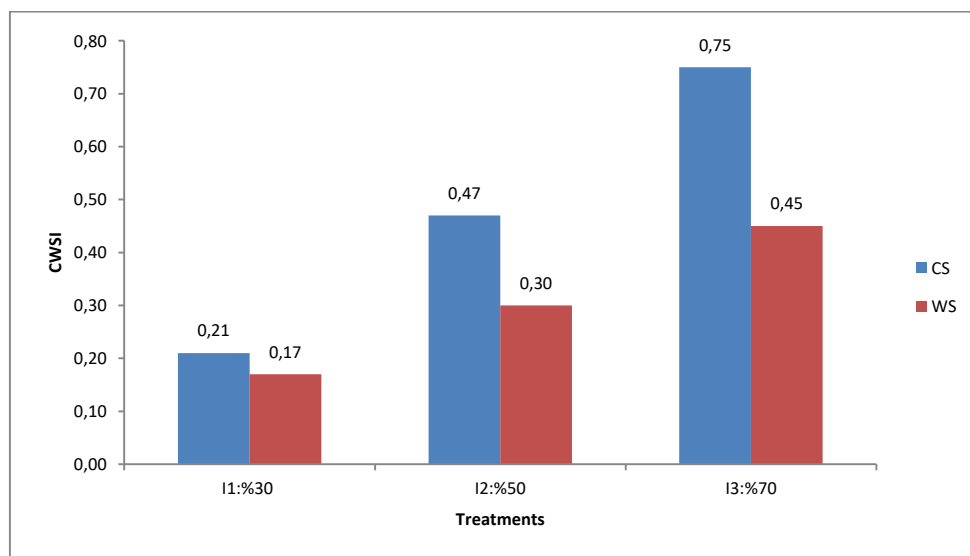


Figure 15. Average values of CWSI for all treatments during the measurement period.

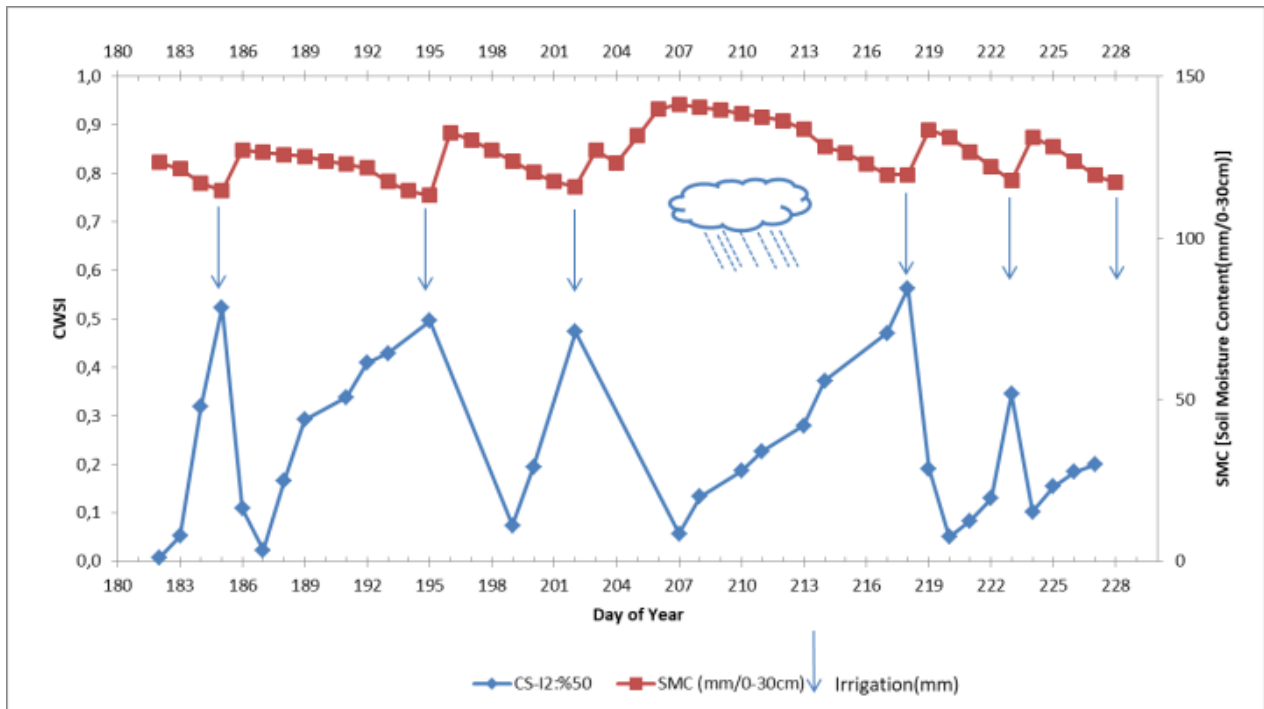


Figure 16. CWSI values of CS-I2:50% and soil moisture variation during the July and August.

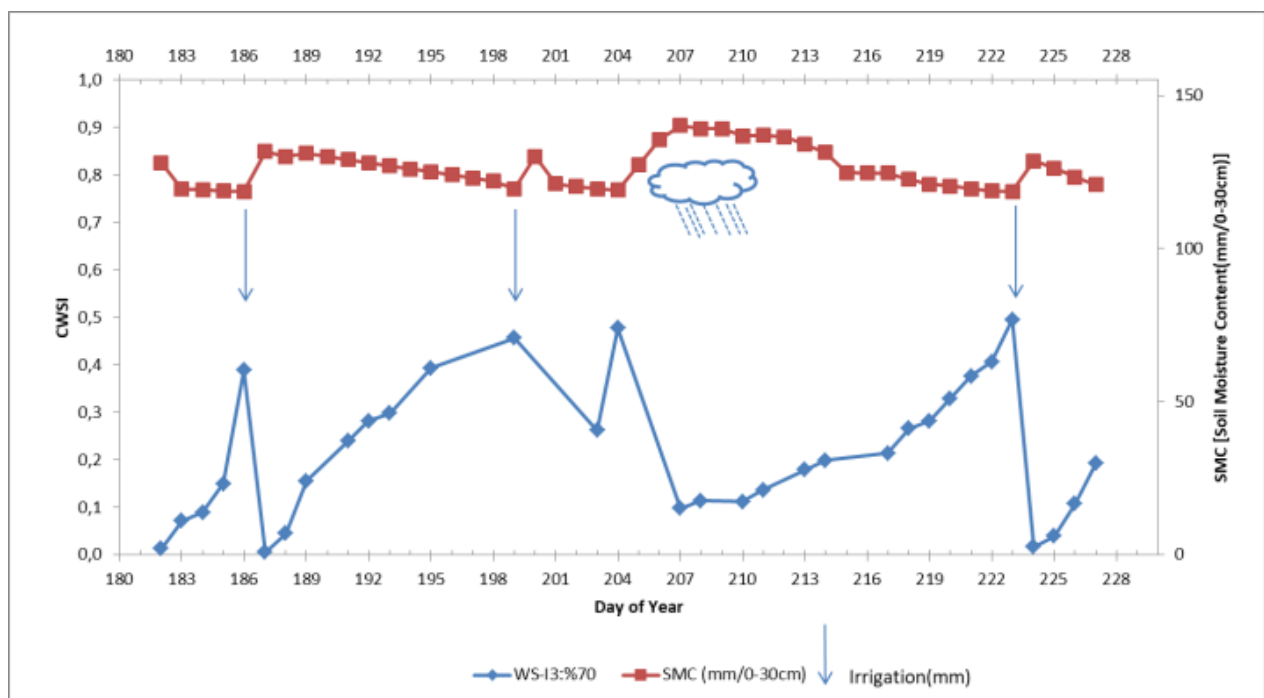


Figure 17. CWSI values of WS-I3:70% and soil moisture variation during the July and August.

Crop Coefficient (Kc)

Daily and seasonally obtained actual evapotranspiration (ETc) and reference evapotranspiration values (ETo) during the study for Cool-season turfgrass (CS) and warm-season turfgrass (WS) are given in Table 3. Reference evapotranspiration values were calculated for

ten day periods by Jensen-Haise (JH), Penman FAO modification (P-FAO), Penman-Monteith FAO modification (PM-FAO), modified evaporation method Class A Pan by FAO (A-FAO), and Blaney-Cridle (BC) methodologies. The average of daily ETc values based on energy balance method were obtained from each sub-

treatment for CS and WS. Crop Coefficients (k_c) were calculated as the ratio of E_{To} and E_{Tc} for the growing period (Table 3).

Three assessments were used to determine the appropriate E_{To} method for the region. The first assessment was based on the sum of squares of the differences (SS) between values of the measured actual evapotranspiration and values of the reference evapotranspiration using the estimated equations. The second evaluation was Seasonal E_{Tc} Coverage Rate % ($CR_{E_{Tc}}$) where the closest value to 100% was chosen. Third consideration was correlation values (r) between measured evapotranspiration and calculated reference evapotranspiration (ORTA, 1994). The criteria are given in Table 4. Crop coefficient results were evaluated as the distribution of k_c values lower at the beginning, higher in the middle of study and lower at nearly the end of the irrigation period, and the seasonal mean crop coefficient (k_c) was also evaluated as the closest value to 1.0 as was suitable.

JH and P-FAO methods gave the lowest value of Sum of Squares difference (SS) and the other methods gave much higher SS values when comparing with the values based on JH and P-FAO methods for both species (CS and WS). If the second evaluation ($CR_{E_{Tc}}$) was followed, it can be easily seen that JH and P-FAO, PM-FAO, A-FAO, BC offered closest E_{Tc} coverage relations ($CR_{E_{Tc}}$) for CS while only JH and P-FAO offered the closest relationship and the other methods; PM-FAO, A-FAO, BC could offer a better estimation for WS. The third evaluation indicated that BC was the method that had the highest correlation values for both species. The lowest correlation values appeared in A-FAO and JH methods for CS and WS, respectively. On the other hand, JH and

P-FAO methods gave similar results to BC for CS, but the same relation could not be said for WS. After mowing, JH and P-FAO offered a suitable distribution for k_c during the growing period for both species while the other methods could not. When the last criterium was checked, JH and P-FAO offered the closest seasonal k_c mean to 1.0 for CS, while all methods offered the same difference to 1.0 for WS. Firstly, JH and P-FAO offered the lowest SS for CS and secondly, their correlations were high enough that could be chosen, parallelly their seasonal E_{Tc} coverage rate were enough while seasonal mean distribution k_c during growing period were also disturbed well as required and the results of seasonal mean k_c had also close to 1.0. Although lowest correlations appeared in JH and P-FAO for WS, their SS values were the lowest values among methods and not only SS criteria were suitable and also seasonal E_{Tc} coverage rate was also close to 100% while seasonal mean k_c were closest to 1.0 and their distributions were more suitable than other methods.

JH and P-FAO were the most suitable methods to estimate reference evapotranspiration in the Marmara region for both species. In addition, k_c graphs were prepared for chosen methods (JH and P-FAO) and their equations were tested statistically by t-test for reliability of the equations (Figure 18, Figure 19). Both methods found statistical significance at the $p < 0.01$ and they took double asterisks for specifying. Moreover, correlations between found/measured k_c and calculated k_c by equation were the highest values among all methods. This supported the selected methods as being right for CS and WS.

Table 3. Measured actual evapotranspiration and calculated reference evapotranspiration values.

Main-treatments	Period	Measured Evapotranspiration (ETc) [$mm\ d^{-1}$]	Calculated reference evapotranspirations by different methods (ETo) [$mm\ d^{-1}$]				
			JH	P-FAO	PM-FAO	A-FAO	BC
CS	10.05-20.05	3.9	3.9	4.1	4.3	4.1	4.1
	20.05-31.05	3.8	3.8	3.4	4.2	3.2	3.8
	31.05-10.06	4.1	3.9	4.1	6.0	6.1	5.3
	10.06-20.06	4.7	4.3	4.0	5.7	5.6	6.1
	20.06-30.06	4.8	3.9	4.6	4.5	4.3	4.2
	30.06-10.07	4.9	4.2	4.1	5.4	6.8	6.1
	10.07-20.07	5.1	4.0	4.1	5.6	5.2	6.3
	20.07-31.07	4.6	4.1	3.9	5.2	3.5	4.8
	31.07-10.08	4.5	4.8	4.9	6.1	6.4	6.8
	10.08-20.08	5.2	4.8	5.5	6.2	6.2	7.2
	20.08-31.08	5.1	4.9	5.1	5.7	5.6	5.5
	Seasonal ETc	520.7	479.4	494.1	604.0	581.8	616.1
WS	10.05-20.05	3.6	3.9	4.1	4.3	4.1	4.1
	20.05-31.05	3.6	3.8	3.4	4.2	3.2	3.8
	31.05-10.06	3.7	3.9	4.1	6.0	6.1	5.3
	10.06-20.06	4.4	4.3	4.0	5.7	5.6	6.1
	20.06-30.06	4.2	3.9	4.6	4.5	4.3	4.2
	30.06-10.07	4.2	4.2	4.1	5.4	6.8	6.1
	10.07-20.07	4.2	4.0	4.1	5.6	5.2	6.3
	20.07-31.07	4.1	4.1	3.9	5.2	3.5	4.8
	31.07-10.08	3.7	4.8	4.9	6.1	6.4	6.8
	10.08-20.08	4.2	4.8	5.5	6.2	6.2	7.2
	20.08-31.08	4.0	4.9	5.1	5.7	5.6	5.5
	Seasonal ETc	450.9	479.4	494.1	604.0	581.8	616.1

Table 4. kc crop coefficients and crop coefficient equations for estimating reference crop evapotranspiration.

Main-treatments	Number of days that have started, T	kc				
		J-H	P-FAO	P-M	A-FAO	B-C
CS	10.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
	21.0	1.0	1.1	0.9	1.2	1.0
	31.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.8
	41.0	1.1	1.2	0.8	0.8	0.8
	51.0	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1
	61.0	1.2	1.2	0.9	0.7	0.8
	71.0	1.3	1.2	0.9	1.0	0.8
	82.0	1.1	1.2	0.9	1.3	1.0
	92.0	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7
	102.0	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7
	113.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
Seasonal Mean		1.1	1.1	0.9	0.9	0.9
Equation		$kc = -7E-05T^2 + 0.0089T + 0.8818$	$kc = -7E-05T^2 + 0.0088T + 0.8818$	$kc = -1E-05T^2 + 0.0012T + 0.8511$	$kc = -6E-06T^2 + 9E-05T + 0.9538$	$kc = 1E-05T^2 - 0.0028T + 0.9814$
Correlation		0.70	0.64	0.12	0.10	0.33
WS	10.0	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
	21.0	0.9	1.0	0.9	1.1	0.9
	31.0	1.0	0.9	0.6	0.6	0.7
	41.0	1.0	1.1	0.8	0.8	0.7
	51.0	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0
	61.0	1.0	1.0	0.8	0.6	0.7
	71.0	1.0	1.0	0.7	0.8	0.7
	82.0	1.0	1.0	0.8	1.2	0.9
	92.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5
	102.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6
	113.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
Seasonal Mean		0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Equation		$kc = -6E-05T^2 + 0.0066T + 0.8557$	$kc = -7E-05T^2 + 0.0064T + 0.8563$	$kc = -1E-05T^2 - 5E-05T + 0.8161$	$kc = -7E-06T^2 - 0.0011T + 0.9138$	$kc = -8E-06T^2 - 0.0035T + 0.9326$
Correlation		0.65	0.55	0.25	0.10	0.32

Table 5. Decision criteria to choose the suitable estimation method (ETo) for the region.

Main-Treatment	Methods	Sum of Squares (SS)	Seasonal ETC Coverage Rate % (CR_{ETC})	Correlation (r)
CS	JH	3.1	92.1	0.61
	P-FAO	3.0	94.9	0.63
	PM-FAO	9.7	116.0	0.56
	A-FAO	14.9	111.7	0.49
	BC	16.0	118.3	0.68
WS	JH	2.7	106.3	0.18
	P-FAO	5.4	109.6	0.24
	PM-FAO	25.1	133.9	0.30
	A-FAO	29.2	129.0	0.26
	BC	35.3	136.6	0.41

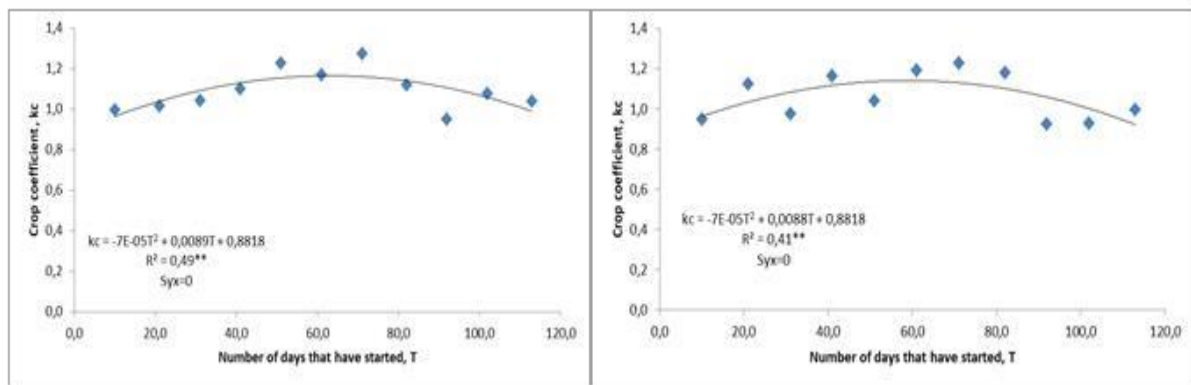


Figure 18. Crop coefficient curve (kc) of the Jensen-Haise (JH) Method and Penman FAO Modification (P-FAO) Method for Cool-Season turfgrass (CS)

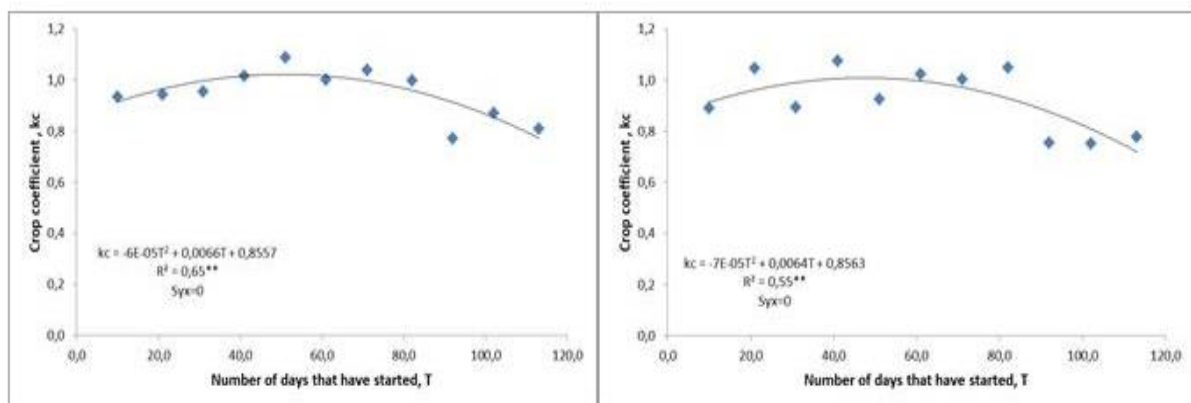


Figure 19. Crop coefficient curve (kc) of the Jensen-Haise (JH) Method and Penman FAO Modification (P-FAO) Method for Warm-Season turfgrass (WS)

CONCLUSIONS

Results from experiments suggest a recommended irrigation nearly every five days when approximately 50% of the total available soil moisture at 30 cm depth is consumed (I2:50%) for cool-season turfgrass, and irrigation nearly every 14 days when approximately 70% of total available soil moisture at 30 cm depth is

consumed (I2:50%) for cool-season turfgrass, and irrigation nearly every 14 days when approximately 70% of total available soil moisture at 30 cm depth is

consumed (13:70%) for warm-season turfgrass. The amount of applied irrigation for warm-season turfgrasses was 53% less than for cool-season turfgrasses, and 26% less in terms of ETC. At this scheduling, CWSI values of 0,47 and 0,45, could be used as a threshold to start irrigation for CS and WS, respectively. These values could also be adapted to automatic pressurized irrigation systems with an infrared thermometer, either handheld or mounted for golf courses and gardens in the municipality. The most suitable reference evapotranspiration (ET_o) methods were Jensen-Haise (JH) and Penman-FAO modification (P-FAO) for both species. In addition, crop coefficient (k_c) curve was prepared based on those methodologies. Thanks to k_c graphs, irrigation application can be managed in detail during the growing period.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article. The study is summarized from MSc thesis

REFERENCES

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. (2006). FAO56 Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper.
- Avcioğlu R (1997). Çim Tekniği, Yeşil Alanların Ekimi, Dikimi ve Bakımı. Bornova/İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
- Ayanoglu H (2018). Scheduling of cool and warm season turfgrass irrigated with sub-drip irrigation method. Namık Kemal University.
- Aydınsakir K, Erdal S, Buyuktas D, Bastug R, Toker R (2013). The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. Agric. Water Manag. 128, 65–71.
- Bezirgan S. (2018). Irrigation Scheduling Of Cool And Warm Season Turfgrass Irrigated With Sprinkler Irrigation Method. Namık Kemal University.
- Bijanzadeh E, Naderi R, Emam Y (2013). Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Turfgrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.) under Drought Conditions. J. Plant Physiol. Breed. 3(2): 13–22.
- Blake GR (1965). Bulk Density. In Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling (pp. 374–390). Minnesota. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c30>
- Brede AD, Duich JM (1984). Establishment Characteristics of Kentucky Bluegrass-Perennial Ryegrass Turf Mixtures as Affected by Seeding Rate and Ratio. Agronomy Journal, 76(6), 875. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600060004x>
- Emekli Y, Bastug R, Buyuktas D, Emekli NY (2007). Evaluation of a crop water stress index for irrigation scheduling of bermudagrass. Agricultural Water Management, 90(3), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.03.008>
- Heerman DF (1985). ET in irrigation management. In Proceedings of the National Conference on Advances in Evapotranspiration (pp. 323–334). ASAE Publication.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter Jr. PJ, Reginato RJ, Hatfield J L (1981). Normalizing the stress degree day for environmental variability. Agric. Meteorol, 24, 45–55.
- Jalali-Farahani HR, Slack DC, Kopec DM, Matthias AD, Brown PW (1994). Evaluation of Resistances for Bermudagrass Turf Crop Water Stress Index Models. Agronomy Journal, 86(3), 574. <https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600030022x>
- Kopec DM, Umeda K (2015). Mowing Turfgrasses in the Desert (No. az1681-2015). Arizona. Retrieved from <https://extension.arizona.edu/pubs/mowing-turfgrasses-desert>
- Orta AH (1994). The effect of different irrigation methods on pepper (*Capsicum annum* L.) Yield. Ankara University.
- Yurtsever N (1984). Deneysel İstatistik Metotları. NO:56, Ankara: KÖY HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI.
- Zhang H, Owesis T (1999). Water - yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agric. Water Manag., 38(395–311).



Yield, fuel consumption and economical comparison of different tillage methods on main crop peanut and wheat + second crop peanut

Ana ürün, buğday + II. ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin meyve verimi, yakıt tüketimi ve ekonomik yönden karşılaştırılması

Çiğdem BOYDAK¹ , Orhan KARA¹ 

¹Alata Horticultural Research Institute Directorate Tarsus Soil and Water Resources Location Tarsus, Mersin, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi/Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Peanut, soil tillage, economical, yield, cost.

✉ Corresponding author: Çiğdem BOYDAK

✉: cigdemboydak@gmail.com.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This study was carried out for compared different soil tillage main crop peanut and wheat + second crop peanut in Çukurova Region. The study was conducted in Alata Horticultural Research Institute Directorate in the field of cultivation in 2015-2016 growing periods with three replications according to randomized block experiment design. With this purpose; four different tillage systems were applied.

Methods and Results: In the peanut two-year study; main crop of fruit yield values changed between 433.10 kg/da and 548.66 kg/da, while second crop of fruit yield values changed between 267.06 kg/da and 338,88 kg/da. The main crop and second crop different soil tillage methods of the highest fruit yield level was determined 209.78 kg / ha, while the lowest fruit yield level was determined 164.99 kg / da. Main crop of fuel consumption values changed between 33.33 l/ha and 63.80 l/ha, while second crop of fuel consumption values changed between 34.92 l/ha and 62.48 l/ha. The main crop and second crop different soil tillage methods of the highest fuel consumption level was determined 2,09 l/ha, while the lowest fuel consumption level was determined 0.2 l/ha.

Conclusions: As a result were determined positive effects different soil tillage main crop and second crop peanut on yield and fuel consumption.

Significance and Impact of the Study: The monetary values of soil tillage methods have been presented with economic comparison. The most positive effect in terms of yield, fuel consumption, production in put cost and income was determined in T1 (conventional soil tillage) and T2 (reduced soil tillage) tillage methods.

Atf / Citation: Boydak Ç, Kara O (2019) Yield, fuel consumption and economical comparison of different tillage methods on main crop peanut and wheat + second crop peanut. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :41-50

GİRİŞ

Yerfistiği (*Arachis hypogaea*) Güney Amerika kökenli, baklagiller familyasından, tek yıllık, yağlı tohumlu bir kültür bitkisidir. Gerek insan gıdası, gerek hayvan yemi ve gerekse toprağı azot yönünden zenginleştirilmesi bakımından çok önemli bir yağ bitkisidir. Dünya' da ve Türkiye' de yetişen yerfistikleri Virginia, Spanish ve Valencia olmak üzere başlıca üç grupta toplanmakta,

ülkemizde Virginia menşeli yarı yatık formu yerfistikleri ağırlık kazanmaktadır (Akova, 2000).

Türkiye' de 2017 yılında yerfistiği ekim alanı yaklaşık 419.495 da olup üretim ise 165.330 ton olmuştur. Yerfistiği ekim alanlarının illere göre dağılımına bakıldığında Adana 236.399 da alan ile birinci sırada yer alırken, Osmaniye 132.605 da alan ile ikinci sırada yer almaktadır. Yerfistiği üretiminin %59.15'i Adana ilinde

gerçekleşirken, %30,34'ü Osmaniye ilinde gerçekleşmektedir (TÜİK, 2018).

Yerfistiğindeki % 25-36 oranındaki protein değeri ve bu proteinlerdeki aminoasitlerin kolay sindirilebilir özellikte olması (Kadiroğlu, 2008), çerezlik kalitesinin de yükselmesini sağlar. Tohumları K, Ca, Mg, P, Fe ve S gibi maddeler ile ayrıca A, B (niasin, inozitol vs.) ve E (tokoferol) gibi vitaminlerce de oldukça zengindir (Woodroof, 1983).

Yerfistiği yetiştiriciliğinde iklim ve sulama probleminin yaşanmadığı yerlerde, en önemli konu toprağın yapısıdır. Baklagiller familyasında yer almasına karşın, meyvelerini toprak içinde meydana getirmesi nedeniyle toprak işleme büyük önem taşımaktadır. Yerfistiğinde çiçek döllendikten sonra yumurtalık uzayarak ginoforu oluşturur ve bu ginoforlar toprak içerisine girerek kapsülü toprakta geliştirir. Şayet toprak ağır yapılı killi özelliğe sahipse ginoforların toprağa giriş yapması zorlaşır. Eğer uygun toprak işleme yöntemi kullanılmazsa kapsüllerin topraktan sökülmesi zorlaşır ve hasat kayıpları artar. Bu durum da yerfistiğinin verimini etkilemektedir.

Yerfistiği gibi tarla bitkilerinin yetiştirildiği arazilerde üründe başarı elde etmek için öncelikle tohum ekimine en uygun toprak işleme yönteminin belirlenerek iyi bir tohum yatağının hazırlanması gerekmektedir. Kullanılacak toprak işleme yöntemleri toprak bünyesine, toprak işlemeden önce hasat edilen bitkiye, ekimi yapılacak bitkiye ve mevcut mekanizasyon varlığına göre değişmektedir. Bununla birlikte, gelişen çevre bilinci, ekonomik üretim talepleri ve enerji kullanımında tasarrufa gitme zorunluluğu nedeniyle son yıllarda, Dünya' da ve Türkiye' de toprak işlemede köklü değişiklikler yapılmaya başlanmıştır (Aykas ve ark., 2009).

Toprak işleme, tarımsal üretimin sürdürülebilir olmasında önemli bir rol oynamaktadır. Makul kullanılan toprak işleminin tarımsal üretimin artırılması ve toprakla ilgili sorunlardan kaçınmanın önemli bir temsilcisi olduğunu, uygun olmayan toprak işleminin ise su ve çevre kirlenmesi ve toprağın bozulmasına neden olacağı ifade edilmiştir. Ayrıca, toprak işleme sistemlerinin verimlilik üzerine etkileri kısa süreli olmakta iken toprak, su ve hava kalitesi üzerine uzun süreli etkileri olmaktadır. Toprak işleminin üretim sisteminin sürdürülebilirliği üzerine etkisi toprak tipi, iklim, ürün ve amenajman faktörlerine bağlıdır (Gajri ve ark., 2002).

Tarımsal üretimde, çoğunlukla temel amaç olarak verim ve üretimin artırılmasına önem verilmiştir. Bunların yanında; ürün kalitesinin iyileştirilmesi, üretim girdilerinin azaltılması, doğal kaynakların korunması,

çevresel faktörler, ekonomik üretim ve sürdürülebilir tarımda ilgi görmektedir. Bu yüzden sürdürülebilir tarım ve koruyucu toprak işleme geleneksel toprak işleme göre üretim masraflarını önemli bir şekilde azaltmasından ötürü artan bir şekilde ilgi görmektedir (Sessiz ve ark., 2008).

Toprak işleme yöntemleri, tarımı yapılan kültür bitkisinin istekleri ile yörenin iklim koşulları ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden; belli iklim koşulları altında bir bölgede çok iyi sonuçlar verebilen bir toprak işleme yöntemi, diğer iklim koşulları ve bitki türleri için olumsuz sonuçlar verebilir (Okursoy, 2002).

Geleneksel toprak işleme yönteminde tarla trafiği yoğun olmakta, toprak erozyonu artmakta, toprağın fiziksel özellikleri bozulmakta, toprağın organik karbonu azalmakta ve yakıt tüketimi de yüksek olmaktadır. Yoğun üretim sistemi altında toprak işlemede su, besin ve enerji kullanımında yüksek bir faaliyet sağlamak için ek çabalar sarf edilmektedir. Tarımsal üretimde ki yoğunluktan dolayı girdi kullanımı yükselmekte ve mekanizasyon ihtiyacı artmaktadır. Kullanılan tüm girdiler üretimde artış sağlamasına rağmen, çevresel bozulmalara sebep olmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini, yoğun tarım olumsuz etkilemektedir. Bu sebeplerden dolayı, çevre kalitesini olumsuz etkilemeyen veya koruyan bir amenajman sistemi geliştirilmelidir (Gajri ve ark. 2002).

Tarımsal üretimde harcanan enerjinin büyük kısmı toprak işleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Diğer işletmelerde olduğu gibi tarımsal işletmelerde de en az girdi ile en fazla gelirin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Fakat geleneksel toprak işleme yöntemlerinin enerji girdi maliyetlerinin yüksek olması ve anız yakmanın zararları, ürün yetiştirmede farklı toprak işleme yöntemlerinin denenmesi gerektiğini göstermektedir (Karaağaç ve ark, 2007).

Azaltılmış ve koruyucu toprak işleme yöntemlerinde, toprak erozyonu sorunu, topraktaki mevcut nemin buharlaşarak azalması, küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazlarının topraktan salınarak atmosfere karışması, toprak sıkışması sorunu ve yakıt tüketiminin artışı gibi sakıncaların en aza indirilmesi söz konusudur (Kasap ve ark, 2013).

Marakoğlu ve ark. (2010); Konuklar Tarım İşletmesinde 2007-2009 yıllarında yürüttükleri çalışmada, nohutta en büyük enerji çıktı/girdi oranının 2 ile geleneksel Toprak işleme yönteminden elde edildiğini belirlemişlerdir. Bunu sırasıyla 1.81 ile azaltılmış toprak işleme yönteminin, 0.87 ile doğrudan ekim + herbisit yönteminin ve 0.205 ile doğrudan ekimin izlediğini belirlemişlerdir.

Polat ve ark. (2011); Eskişehir’ de 2008 yılında yaptıkları çalışma sonucunda nohutta geleneksel toprak işlemede tane veriminin 85 kg/da, birim alana düşen üretim maliyetinin 129.20 TL/da, birim nohut ağırlığına karşı gelen üretim maliyetinin 1.52 TL/kg ve talep edilen ürün fiyatının 1.82 TL/kg olduğunu belirlemişlerdir. Nohutta toplam üretim maliyetinin 13.80 TL/da’sının toprak işleme ve ekimden, 3.41 TL/da’sının bakım işlemlerinden, 28.66 TL/da’ının hasat-harmandan, 56.45 TL/da’sının çeşitli girdilerden ve 26.86 TL/da’sının ise ortak giderlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada Çukurova Bölgesinde ana ürün yerfıstığı ile buğday + II. Ürün yerfıstığında farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırma, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Kampüsü

arazisinde yürütülmüştür. Bu enstitü Ali fakı köyü yolunun 4. km’inde kurulu 36° 55’ kuzey enlemi 34° 55’ doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 12 m’indedir. Araştırmanın yürütüleceği deneme alanı koordinatları 36°53’41.24’’ kuzey enlemi ve 34°57’34.55’’ doğu boylamında yer almaktadır.

Deneme alanı toprak özellikleri

Deneme alanı topraklarının değişik yerlerinden 0–30 cm derinliklerden alınan bozulmuş toprak örneklerinde kimyasal analizler yapılmış, analiz sonuçlarına göre ekimle birlikte 20 kg/da olarak 18-46-0 kimyevi gübresi uygulanmıştır (Arioğlu 1990). Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirlemek için alınan toprak örnekleri, Enstitü laboratuvarında analiz edilmiştir (Çizelge 1.). Toprak analiz sonuçlarına göre deneme alanı topraklarının saturasyonu %60, toplam tuzu %0.018, pH değeri 7.9, kireç içeriği %14.45 ve organik maddesi 1.36 ‘dir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanı toprak özellikleri

Derinlik (cm)	Saturasyon (%)	pH	Toplam Tuz (%)	Kireç (%)	K ₂ O (kg/da)	P ₂ O ₅ (kg/da)	Organik Madde (%)	Sınıfı
0-30	60	7.9	0.018	14.45	145.90	1.09	1.36	Killi Tınlı

Deneme alanı iklim özellikleri

Bölgede tipik Akdeniz iklimi görülür. Çukurova ve Torosların yakın eteklerinden oluşan kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yörenin uzun yıllar iklim değerleri incelendiğinde; Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Kampüsü Meteoroloji İstasyonu iklim verilerine göre; yörenin yıllık yağış ortalaması 598,5 mm’dir. En çok yağış alan aylar Kasım, Aralık ve Ocak ayları, en az yağış alan aylar ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. Toplam yağışın % 54.2’si kış aylarında olmaktadır. Yağışın büyük bölümü yağmur şeklindedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C’dir. En sıcak aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları, en serin aylar, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarıdır. En sıcak ay ortalaması (Ağustos) 27 °C, en soğuk ay ortalaması (Ocak) 8,8 °C’dir. Uzun yıllar nisbi nem ortalaması % 70.9’dur. Nisbi nem Ağustos ayında % 75.7 ortalama değeri ile en yüksek değere ulaşmıştır.

Bitki Çeşidi

Çalışma, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nün Tarsus Toprak ve Su Kaynakları

Lokasyonu arazisinde yürütülmüştür. NC-7 yerfıstığı çeşidi kullanılmıştır. Yerfıstığı çeşitleri içerisinde üreticinin yaklaşık %95’inin kullandığı bir çeşit olup, yarı yatık ile yatık arasında bir gelişme formu göstermektedir. Olgunlaşma gün sayısına göre değerlendirildiğinde orta erkenci olup, 140-160 gün içerisinde olgunlaşma dönemini tamamlamaktadır. Çerezlik tüketime uygun olup, verimi 350-450 kg/da olarak değişmektedir.

Yöntem

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 50 m parsel uzunluğunda 4 sıralı ekim yapılacak şekilde ve 4 tekerrürlü olmak üzere, ana ürün ve ikinci ürün koşullarında yürütülmüştür (Şekil 1). Sıra arası 70 cm, sıra üzeri, 15 cm olacak şekilde yerfıstığı ekimi yapılmıştır. Ekim, üzerinde yerfıstığı tohumunun ekimine uygun ekici plakalar bulunan kombine pnomatik tek dane ekim makinası ile yapılmıştır. Nisan ayının son haftasında yapılan ana ürün ekiminde dekara 9 kg tohum olacak şekilde pnomatik tek dane ekim makinası normu ayarlanmıştır (Kadiroğlu, 2008). İkinci ürün ekimi ise ön bitki (buğday) hasadından hemen sonra haziranın ilk haftası dekara 9 kg tohum olacak şekilde yapılmıştır.

Uygulanan toprak işleme yöntemleri;

T1: Geleneksel toprak işleme (Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık + ekim)

T2: Azaltılmış toprak işleme (Rototiller+ ekim)

T3: Azaltılmış toprak işleme(Çizel + goble diskaro + ekim)

T4: Sırt ekimdir (Pulluk+ diskli tırmık + lister + sırt tapanı + ekim).

Aynı gün laboratuvara getirilen toprak örnekleri gölgede hava kurusu olacak biçimde kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprakların toplam çözünebilir tuz içerikleri saturasyon çamuru ekstraktında elektiriksel iletkenlik ve pH değerleri ise pH metre aletinde ölçülmüştür (Richards, 1954). Kireç (CaCO₃) içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüştür (Allison ve Moodie, 1965). Bünye hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1952). Toprakların yarayışlı B miktarları 0.01 M mannitol + 0.01 M CaCl₂ ekstraktı çözeltisi kullanılarak elde edilen süzükte ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Cartwright ve ark., 1983). Toprak verilerine normalik testi yapılmış ve buna göre özellikleri ile yarayışlı bor içeriği arasındaki korelasyon ve regresyon analizleri SPSS 17 istatistik programında yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

T1	T2	T3	T4
T4	T3	T1	T2
T3	T1	T4	T2

Şekil 1. Araştırma alanı deneme deseni

Toprak işleme yöntemleri verim, yakıt tüketimi ve ekonomik yönden karşılaştırılmıştır. Verim her parselin orta iki sırasındaki bitkilerin tamamı hasat edilip ve parsel veriminden gidilerek dekara meyve verimi kg/da olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Yıllar itibariyle toprak işleme uygulamalarının yerfistığı meyve verimleri (kg/da) varyans analizi ve LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	2015 ana ürün Verim (kg/da)	2016 ana ürün Verim (kg/da)	Ana ürün bileşik analiz Verim (kg/da)	2015 II. ürün Verim (kg/da)	2016 II. ürün Verim (kg/da)	II. ürün bileşik analiz Verim (kg/da)
Varyans analiz P değeri	0.0093**	0.0294*	0.0066**	0.0290*	0.0075**	0.0002**
T1	488.09 a	571.43 ab	529.76 a	335.71 a	328.57 a	329.76 a
T2	478.56 ab	576.19 a	527.37 a	330.95 ab	347.62 a	341.66 a
T3	457.14 c	428.57 c	442.85 b	309.52 c	257.14 b	283.33 b
T4	466.65 bc	471.43 bc	469.03 b	316.67 bc	285.71 b	301.19 b
LSD(0.05)	14.76	102.91	51.58	16.99	42.81	20.50

P<0.01(** %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (* %5 düzeyinde önemli)

Yakıt tüketimi; "Tamamlama Yöntemi" kullanılarak ölçülmüştür.

Yöntemlerin ekonomik analizlerinin yapılmasında toprak işleme ve ekim sistemlerinde kullanılan tarım makinalarının kiralama bedelleri dikkate alınarak birim alan başına toplam giderleri belirlenmiştir.

Yakıt gideri ise aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Çıkman ve ark. 2009).

Toplam Yakıt Gideri(TL/h): Saatlik yakıt tüketimi(l/h)* Birim Yakıt fiyatı(TL/L)

Birim alan başına toplam gelirlerin (çıkıtı) belirlenmesinde ise yöntemlerin meyve verimleri ile meyvelerin yöredeki ortalama satış fiyatı kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin analiz edilmesinde jump istatistiksel paket programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda uygulamalarda elde edilen sonuçlar varyans analizi ile çoklu karşılaştırma (LSD) testine tabi tutulmuştur.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Verim (kg/da)

Deneme uygulamalarından elde edilen 1. ve 2. yıl ile 2 yılın ortalaması (bileşik) olan ana ürün ve ikinci ürün yerfistığı meyve verimine ilişkin varyans analiz sonucu önem düzeyleri ve LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'de varyans analiz olasılık değerlerine bakıldığında 1. yıl ve iki yılın ortalamasının (bileşik) toprak işleme yöntemlerinin ana ürün yerfistığı meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu, 2. yıl ise %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. İkinci ürün yerfistığının varyans sonuçları incelenirse; 2. yıl ve iki yılın ortalamasının (bileşik) toprak işleme yöntemlerinin meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu, 1. yıl ise %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Ana ürün yerfistığında çalışmanın 1. yılının varyans analiz sonuçlarını incelersek toprak işleme yöntemlerinin meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken, 2. yıl %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yerfistığı meyve verim değerleri LSD çoklu karşılaştırma testine göre; ilk yıl 488.09 kg/da ile T1 yönteminden, ikinci yıl ise 576.19 kg/da ile T2 yönteminden elde edilmiştir. En düşük meyve verimleri ise her iki yılda da T3 yönteminden elde edilmiştir. Toprak işleme yöntemlerinin yerfistığı meyve verim değerlerine etkisine % fark yönünden bakıldığında; en yüksek meyve verimi değerinin alındığı yöntem ile en düşük meyve verim değerinin alındığı yöntem arasında meyve verim farkı yaklaşık olarak sırasıyla; ilk yıl %6, ikinci yıl %25 olduğu tespit edilmiştir. Tüm yılların ortalama (bileşik) varyans analiz sonuçlarına bakıldığında; toprak işleme yöntemlerinin ana ürün yerfistığı meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek meyve verim değerinin 529.76 kg/da ile T1 yönteminden, en düşük meyve verim değerinin ise 442.85 kg/da ile T3 yönteminden elde edildiği belirlenmiştir. En yüksek meyve verim değeri ile en düşük meyve verim değeri arasında yaklaşık olarak % 16 oranında fark oluşmuştur. İkinci ürün yerfistığında çalışmanın 1. yılının varyans analiz sonuçlarına göre toprak işleme yöntemlerinin meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %5 düzeyinde önemli bulunurken, 2. yıl %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yerfistığı meyve verim değerleri LSD çoklu karşılaştırma testine göre; ilk yıl

335.71 kg/da ile T1 yönteminden, ikinci yıl ise 347.62 kg/da ile T2 yönteminden elde edilmiştir. En düşük meyve verimleri ise her iki yılda da T3 yönteminden elde edilmiştir. Toprak işleme yöntemlerinin yerfistığı meyve verim değerlerine etkisine % fark yönünden bakıldığında; en yüksek meyve verimi değerinin alındığı yöntem ile en düşük meyve verim değerinin alındığı yöntem arasında meyve verim farkı yaklaşık olarak sırasıyla; ilk yıl % 8, ikinci yıl % 26 olduğu tespit edilmiştir. İki yılın ortalaması olan verim değerleri için yapılan varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; toprak işleme yöntemlerinin ikinci yerfistığı meyve verimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek meyve verim değerinin 341.66 kg/da ile T2 yönteminden, en düşük meyve verim değerinin ise 283.33 kg/da ile T3 yönteminden elde edildiği belirlenmiştir. En yüksek meyve verim değeri ile en düşük meyve verim değeri arasında yaklaşık olarak % 17 oranında fark oluşmuştur.

Yakıt tüketimi (l/ha)

Ana ürün ve ikinci ürün yerfistığı yakıt tüketimine ilişkin varyans analiz sonucu önem düzeyleri ve LSD çoklu karşılaştırma testi Çizelge 3' de verilmiştir. Çizelge 3' de verilen varyans analiz sonuçlarına bakıldığında; ana ürün ve ikinci ürün yer fistığı parsellerinde toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimi üzerine etkisinin 1. yıl, 2. yıl ve iki yılın ortalaması dikkate alındığında istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Yıllar itibariyle toprak işleme uygulamalarının yerfistığı yakıt tüketimi (l/ha) varyans analizi ve LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	2015 ana ürün Yakıt tük. (l/ha)	2016 ana ürün Yakıt tük. (l/ha)	Ana ürün bileşik analiz Yakıt tük. (l/ha)	2015 II. ürün Yakıt tük. (l/ha)	2016 II. ürün Yakıt tük. (l/ha)	II. ürün bileşik analiz Yakıt tük. (l/ha)
Varyans analiz P değeri	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**
T1	57.48 b	53.86 b	55.67 b	55.81 b	51.73 b	53.77 b
T2	34.96 d	33.20 c	34.08 d	34.73 d	31.47 d	33.09 d
T3	38.75 c	36.66 c	37.71 c	38.60 c	33.87 c	36.23 c
T4	65.89 a	59.33 a	62.61 a	65.52 a	58.13 a	61.82 a
LSD (0.05)	1.78	3.80	1.87	1.51	1.67	1.00

P<0.01(** %1 düzeyinde önemli)

Ana ürün yerfistığında çalışmanın 1. ve 2. yılının varyans analiz olasılık değerlerini incelersek toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yakıt tüketimi değerleri LSD çoklu karşılaştırma testine göre; ilk yıl 65.89 l/ha ile T4 yönteminden, ikinci yıl da 59.33 l/ha ile T4 yönteminden elde edilmiştir. En düşük yakıt tüketimi değerleri ilk yıl 34.96 l/ha, ikinci yıl 33.20

l/ha ile her iki yılda da T2 yönteminden elde edilmiştir. Tüm yılların ortalama (bileşik) varyans analiz olasılık değerine bakıldığında; toprak işleme yöntemlerinin ana ürün yerfistığı yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yakıt tüketimi değerinin 62.61 l/ha ile T4 yönteminden, en düşük yakıt tüketimi değerinin ise 34.08 l/ha ile T2 yönteminden elde edildiği belirlenmiştir.

İkinci ürün yerfistığında çalışmanın 1. ve 2. yıllarında toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yakıt tüketimi değerleri; ilk yıl 65.52 l/ha ile T4 yönteminden, ikinci yıl da 58.13 l/ha ile T4 yönteminden elde edilmiştir. En düşük yakıt tüketimi değerleri ilk yıl 34.73 l/ha, ikinci yıl 31.47 l/ha ile her iki yılda da T2 yönteminden elde edilmiştir. Tüm yılların ortalama (bileşik) varyans analiz olasılık değerine bakıldığında; toprak işleme yöntemlerinin ikinci ürün yerfistığı yakıt tüketimi üzerine etkisi istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yakıt tüketimi değerinin 61.82 l/ha ile T4 yönteminden, en düşük yakıt tüketimi

değerinin ise 33.09 l/ha ile T2 yönteminden elde edildiği belirlenmiştir.

Ekonomik analizler

Bölge koşullarında ana ürün ve ikinci ürün yerfistığı farklı toprak işleme uygulamalarının ekonomik analizinde üretim girdi maliyetleri ve ürün birim satış fiyatları esas alınmıştır. Ekonomik analizde tarla kirası dikkate alınmamıştır. 2015 ve 2016 yılları ana ürün ve ikinci ürün yerfistığı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre, birim alan başına elde edilen ekonomik değerler Çizelge 4 ve Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 4. Ana ürün yerfistığında farklı toprak işleme yöntemlerine göre çıktı/girdi oranları (2015)

GİRDİ	Birim fiyatı (TL/da)	T1 (TL/da)	T2 (TL/da)	T3 (TL/da)	T4 (TL/da)
Bitkisel üretim + işçilik	750	750	750	750	750
Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık (T1)	22.8	22.8			
Rototiller (T2)	13.6		13.6		
Çizel + goble diskaro (T3)	15.2			15.2	
Pulluk+ diskli tırmık + lister + sırt tapanı (T4)	26.3				26.3
GİRDİ TOPLAMI		772.8	763.6	765.2	776.3
VERİM		488.09	478.56	457.14	466.65
Yerfistığı satış fiyatı (TL/kg)	3	3	3	3	3
Çıktı toplamı		1464.27	1435.68	1371.42	1399.95
ÇIKTI/GİRDİ		1.89	1.88	1.79	1.80

(Bitkisel üretim + işçilik = tohum, gübre, sulama, ilaçlama, bakım işleri)

Çizelge 4'de görüldüğü gibi en yüksek ürün maliyeti (girdi) T4 yönteminden (776.3 TL/da), en düşük ürün maliyeti (girdi) ise T2 yönteminden (763.6 TL/da) elde edilmiştir. En yüksek gelir (çıktı) T1 (1464.27 TL/da), en

düşük gelir (çıktı) ise T3 yönteminden (1371.42 TL/da) belirlenmiştir. Çıktı/Girdi oranları incelendiğinde, en yüksek oran T1 yönteminden (1.89), en düşük oran ise T3 yönteminden (1.79) elde edilmiştir.

Çizelge 5. Ana ürün yerfistığında farklı toprak işleme yöntemlerine göre çıktı/girdi oranları (2016)

GİRDİ	Birim fiyatı (TL/da)	T1 (TL/da)	T2 (TL/da)	T3 (TL/da)	T4 (TL/da)
Bitkisel üretim + işçilik	820	820	820	820	820
Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık (T1)	21.2	21.2			
Rototiller (T2)	13.2		13.2		
Çizel + goble diskaro (T3)	14.4			14.4	
Pulluk+ diskli tırmık + lister + sırt tapanı (T4)	23.6				23.6
GİRDİ TOPLAMI		841.2	833.2	834.4	843.6
VERİM		571.43	576.19	428.57	471.43
Yerfistığı satış fiyatı (TL/kg)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Çıktı toplamı		1942.86	1959.04	1457.13	1602.86
ÇIKTI/GİRDİ		2.30	2.35	1.74	1.90

(Bitkisel üretim + işçilik = tohum, gübre, sulama, ilaçlama, bakım işleri)

Çizelge 5'de en yüksek ürün maliyeti (girdi) T4 yönteminden (843.6 TL/da), en düşük ürün maliyeti (girdi) ise T2 yönteminden (833.2 TL/da) elde edilmiştir. En yüksek gelir (çıktı) T2 1959.04 TL/da, en düşük gelir

(çıktı) ise T3 yönteminden (1457.13 TL/da) belirlenmiştir. Çıktı/Girdi oranları incelendiğinde, en yüksek oran T2 yönteminden (2.35), en düşük oran ise T3 yönteminden (1.74) elde edilmiştir

Çizelge 6. Buğday ekonomik analiz tablosu (2015)

GİRDİ	TUTAR (TL)
Toprak işleme ve ekim	27.42
Bakım işleri	5.35
Hasat – harman - taşıma	14.57
Çeşitli girdiler	113.90
GİRDİ TOPLAMI	161.24
Verim (kg/da)	475
Yan ürün geliri (TL/da)	40
Buğday satış fiyatı(TL/kg)	0.78
Çıktı Toplamı	370.5
ÇIKTI/GİRDİ	2.29

Çizelge 7. İkinci ürün yerfıstığı ekonomik analiz tablosu (2015)

GİRDİ	Birim fiyatı (TL/da)	T1 (TL/da)	T2 (TL/da)	T3 (TL/da)	T4 (TL/da)
Bitkisel üretim + işçilik	750	750	750	750	750
Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık (T1)	22.3	22.3			
Rototiller (T2)	13.8		13.8		
Çizel + goble diskaro (T3)	15.44			15.44	
Pulluk+ diskli tırmık + lister + sırt tapanı (T4)	26.2				26.2
GİRDİ TOPLAMI		772.3	763.8	765.4	776.2
VERİM		335.71	330.95	309.52	316.67
Yerfıstığı satış fiyatı (TL/kg)	3	3	3	3	3
Çıktı toplamı		1007.13	992.85	928.56	950.01
ÇIKTI/GİRDİ		1.30	1.30	1.21	1.22

Çizelge 6'daki buğday yetiştiriciliğinde girdi toplamı 161.24 TL/da, çıktı toplamı ise 370.5 TL/da olarak belirlenirken, Çıktı / girdi oranı 2.29 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 7'de ikinci ürün yerfıstığında farklı toprak işleme yöntemlerinin ekonomik analizinde ise girdi toplamı 763.8 TL/da ile 776.2 TL/da arasında, çıktı toplamı ise 928.56 TL/da ile 1007.13 TL/da arasında değişmiştir. Çıktı / girdi oranı en yüksek 1.30 ile T1 ve T2 toprak işleme yöntemlerinde belirlenmiştir.

Çizelge 8. Buğday + ikinci ürün yerfıstığında farklı toprak işleme yöntemlerinin girdi/çıktı oranları

Buğday +Toprak İşleme Yöntemler	Girdi(TL/da)	Çıktı(TL/da)	Çıktı/Girdi
Buğday + T1	933.54	1377.63	1.47
Buğday + T2	925.04	1363.35	1.47
Buğday + T3	926.64	1299.06	1.40
Buğday + T4	937.44	1320.51	1.41

Çizelge 8'de Buğday + ikinci ürün yerfıstığında farklı toprak işleme yöntemlerinin birlikte yapılan ekonomik analiz sonucunda girdi ve çıktı miktarlarının değerleri parasal olarak ifade edilmiştir. En yüksek girdi 937.44 TL/da ile buğday + T4 uygulamasından elde edilirken, en düşük girdi ise 925.04 TL/da ile buğday + T2 uygulamasından belirlenmiştir. En yüksek girdi / çıktı oranları ise 1.47 ile buğday + T2 ve buğday + T1 uygulamalarından elde edilmiştir.

Çizelge 9. Buğday ekonomik analiz tablosu.(2016)

GİRDİ	TUTAR (TL)
Toprak işleme ve ekim	27.82
Bakım işleri	5.53
Hasat – harman - taşıma	16.66
Çeşitli girdiler	125.98
GİRDİ TOPLAMI	175.99
Verim (kg/da)	475
Yan ürün geliri (TL/da)	40
Buğday satış fiyatı(TL/kg)	0.81
Çıktı Toplamı	384.75
ÇIKTI/GİRDİ	2.18

Çizelge 10. İkinci ürün yerfistiği ekonomik analiz tablosu (2016)

GİRDİ	Birim fiyatı (TL/da)	T1 (TL/da)	T2 (TL/da)	T3 (TL/da)	T4 (TL/da)
Bitkisel üretim + işçilik	820	820	820	820	820
Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık (T1)	20.6	20.6			
Rototiller (T2)	12.5		12.5		
Çizel + goble diskaro (T3)	13.5			13.5	
Pulluk+ diskli tırmık + lister + sırt tapanı (T4)	23.2				23.2
GİRDİ TOPLAMI		840.6	832.5	833.5	843.2
VERİM		328.57	347.62	257.14	285.71
Yerfistiği satış fiyatı (TL/kg)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Çıktı toplamı		1117.13	1181.90	874.27	971.41
ÇIKTI/GİRDİ		1.32	1.42	1.05	1.15

Çizelge 9'daki buğday yetiştiriciliğinde girdi toplamı 175,99 TL/da, çıktı toplamı ise 384.75 TL/da olarak belirlenirken, Çıktı/ girdi oranı 2.18 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 10'da ikinci. ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin ekonomik analizinde ise girdi toplamı 832.5 TL/da ile 843,2 TL/da arasında, çıktı toplamı ise 874.27 TL/da ile 1181.90 TL/da arasında değişmiştir. Çıktı/ girdi oranı en yüksek 1.42 ile T2 toprak işleme yöntemi belirlenmiştir.

Çizelge 11. Buğday + II. ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin girdi/çıktı oranları

Buğday +Toprak İşleme Yöntemler	Girdi(TL/da)	Çıktı(TL/da)	Çıktı/Girdi
Buğday + T1	1016.59	1501.88	1.48
Buğday + T2	1008.49	1566.65	1.55
Buğday + T3	1009.49	1259.02	1.24
Buğday + T4	1019.19	1356.16	1.33

Çizelge 11'de Buğday + ikinci ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin birlikte yapılan ekonomik analiz sonucunda girdi ve çıktı miktarlarının değerleri parasal olarak ifade edilmiştir. En yüksek girdi 1019.19 TL/da ile buğday + T4 uygulamasından elde edilirken, en düşük girdi ise 1008.49 TL/da ile buğday + T2 uygulamasından belirlenmiştir. En yüksek girdi / çıktı oranı ise 1.55 ile buğday + T2 uygulamasından saptanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda ana ürün ve Buğday + ikinci ürün koşullarında yetiştirilen NC-7 yerfistiği çeşidinde; verim ve yakıt tüketimi gibi parametrelerden elde edilen veriler için analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ana ürün ve buğday + ikinci üründe yıllar itibarıyla toprak işleme uygulamalarının yerfistiği meyve verimine etkisi %1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. En yüksek meyve verimleri istatistiksel olarak aynı grupta yer alan T1 (Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık + ekim) ve T2 (rototiller + ekim) yönteminden elde edilmiştir. En düşük meyve verimleri ise T4 (pulluk + diskli tırmık + lister + sırt tapanı + ekim) yönteminden elde edilmiştir. Ana ürün ve Buğday + ikinci üründe yıllar itibarıyla toprak işleme uygulamalarının yerfistiği yakıt tüketimine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yakıt tüketimi değerleri T4 yönteminden elde edilirken, en düşük yakıt tüketimi değerleri T2 yönteminden elde edilmiştir. Enerji kullanımı dikkate alındığında T4 (pulluk + diskli tırmık + lister + sırt tapanı + ekim) toprak işleme yönteminin yakıt tüketimi, T2 (rototiller + ekim) azaltılmış toprak işleme yönteminin yakıt tüketiminin neredeyse 2 katı kadar olduğu tespit edilmiştir.

Ana ürün yerfistiğinde 2015-2016 yıllarında yürütülen çalışmada yapılan ekonomik analiz sonuçlarına göre; üretim girdi maliyeti ve elde edilen gelir (çıktı) yönünden karlılığın birinci yıl T1, ikinci yıl T2 toprak işleme yönteminde bulunduğu görülmüştür.

Buğday + ikinci ürün yerfistiğinde 2015-2016 yıllarında yürütülen çalışmada yapılan ekonomik analiz sonuçlarına göre; üretim girdi maliyeti ve elde edilen gelir (çıktı) yönünden birinci yıl T1, ikinci yıl T2 toprak işleme yönteminde bulunduğu görülmüştür.

Ana ürün ve buğday + ikinci ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin verim ile yakıt tüketimi üzerine olumlu etkileri belirlenmiştir. Ana ürün ve buğday + ikinci ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin ekonomik yönden yapılan karşılaştırılma ile üretim girdi maliyeti ve elde edilen gelirin parasal değerleri ortaya konulmuştur. Bu sonuç doğrultusunda ana ürün ve buğday + ikinci yerfistiği yetiştiriciliğinde T1(Kulaklı pulluk+ diskli tırmık+ tırmık + ekim), T2 (rototiller + ekim) toprak işleme yöntemlerinin verim, yakıt tüketimi ve ekonomik analiz yönünden önerilebileceği belirlenmiştir.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Çukurova Bölgesinde ana ürün yerfistiği ile buğday + ikinci ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü deneme alanında 2015-2016 yetiştirme dönemlerinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu amaçla 4 farklı toprak işleme yöntemi kullanılmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Yerfistiğinde yürütülmüş olduğumuz iki yıl süren çalışmada; ana ürün farklı toprak işleme yöntemlerinin etkisi ile meyve verimi 433.10 – 548.66 kg/da arasında değişiklik gösterirken, ikinci ürün de ise meyve veriminin 267.06 – 338.88 kg/da arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ana ürün ile buğday + ikinci ürün toprak işleme yöntemleri arasındaki en yüksek meyve verim farkı 209.78 kg/da olarak belirlenirken, en düşük meyve verim farkı 164.99 kg/da olarak belirlenmiştir. Ana ürün yakıt tüketimi değerleri 33.33 l/ha ile 63.80 l/ha arasında değişiklik gösterirken, ikinci ürün de ise yakıt tüketimi değerleri 34.92 l/ha ile 62.48 l/h arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ana ürün ile buğday + ikinci ürün toprak işleme yöntemleri arasındaki en yüksek yakıt tüketimi farkı 2.09 l/ha olarak belirlenirken, en düşük yakıt tüketimi farkı 0.2 l/ha olarak belirlenmiştir.

Genel Yorum: Sonuç olarak ana ürün ve ikinci ürün yerfistiğinde farklı toprak işleme yöntemlerinin verim ile yakıt tüketimi üzerine olumlu etkileri belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Ana ürün ve buğday + ikinci ürün farklı toprak işleme yöntemlerinin ekonomik yönden yapılan karşılaştırılma ile üretim girdi maliyeti ve elde edilen gelirin parasal değerleri ortaya konulmuştur. Verim, yakıt tüketimi, üretim girdi maliyeti ve elde edilen gelir yönünden en olumlu etki T1 (geleneksel toprak işleme) ve T2 (azaltılmış toprak işleme) toprak işleme yöntemlerinde belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yerfistiği, toprak işleme, ekonomik, verim, maliyet

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde sağladıkları katkılardan dolayı TAGEM'e teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Akova Y (2000) Kuru ve Sert Kabuklu Meyveler Dış Pazar Araştırması, İGEME, Ankara.
- Arioğlu H (1990) Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın, No: 220 Ders Kitapları Yayın, N: A- 70 ADANA.
- Aykas E, Çakır E, Yalçın H, Okur B, Nemli Y, Çelik A (2009) Koruyucu Toprak İşleme, Doğrudan Ekim ve Türkiye'deki Uygulamaları. www.zmo.org.tr
- Çıkman A, Vurarak Y, Sağlam R, Monis T, Nacar AS, Çetiner İH (2009) Harran Ovası' nda II. Ürün mısırda farklı toprak işleme- ekim yöntemlerinin teknik ve ekonomik karşılaştırılması. TAGEM-BB-Toprak Su (75), GAP Toprak Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğü, ŞANLIURFA.
- Dursun İ (2012) Doğrudan ekim makinaları. Tarım makinaları tarım türk, sayı: 33, yıl: 7, sayfa: 53-56, İzmir.
- Gajrı PR, Arora VK, Purihar SS (2002). Tillage for Sustainable Cropping. Food Products Press, Binghampton, NY 13904-1580, 195 p.
- Kadiroğlu A (2008) Yerfistiği Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ANTALYA, www.batem.gov.tr.
- Karaağaç HA, Barut BZ (2007) İkinci ürün silajlık mısır tarımında farklı toprak işleme ve ekim sistemlerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması. Tarım makinaları bilim dergisi, 3(1), 33-40.
- Kasap A, Dursun İ (2013) Nohut tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin ekonomik yönden karşılaştırılması. Tarım makinaları bilim dergisi 9(3), 209-216.
- Marakoğlu T, Özbek O, Çarman K (2010) Nohut Üretiminde Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Enerji Bilançosu. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 6 (4): 229-235.
- Okursoy R (2002) Toprak İşleme Makineleri. Ekin Kitap Evi Yayınları Yayın, (84).
- Polat ME, Yurtseven M, Çakıcıer AE (2011) Eskişehir İlinde Yetiştirilen Arpa, Buğday, Şeker Pancarı, Mısır, Yeşil Mercimek, Nohut, Domates, Kuru Fasulye, Haşhaş, Kanola, Kuru Soğan, Ayçiçeği ve Aspirin Üretim Girdi Maliyetlerinin Belirlenmesi. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Eskişehir Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011, 81 s., Eskişehir.

Sessiz A, Söğüt T, Alp A, Esgici R (2008) Tillage Effects On Sunflower (*Helianthus Annuus*, L.) Emergence, Yield, Quality, And Fuel Consumption In Double Cropping System, Journal Of Agriculture, Volume 9, No:4, S.697-710.

TÜİK (2018) Türkiye İstatistik Kurumu İnternet Sitesi. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkilel.zul>
Woodroof JG (1983) Peanut production, processing, Products. Avi Pub. Comp. Inc., Connecticut, 414 p.



Determination of environmental problems caused by agricultural wastes in greenhouse enterprises and solution suggestions

Sera işletmelerinde ortaya çıkan tarımsal atıkların neden olacağı çevre sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri

Sedat BOYACI¹ , Sinan KARTAL² 

¹Kırşehir Ahi Evran University, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture Kırşehir, TURKEY.

²Alanya Alaaddin Keykubat University, Plant and Animal Production Department, Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükballi Vocational School, Antalya, TURKEY.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi / Received: 25.11.2019

Kabul tarihi / Accepted: 16.12.2019

Keywords:

Greenhouse, agricultural waste management, plastic, environmental impact, sustainability.

✉ Corresponding author: Sedat BOYACI

✉ sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: In this study was to determine the environmental effects of pollutant factors (plastic cover materials, chemical fertilizer and medicine boxes, post-harvest waste and drip irrigation laterals) in the greenhouse enterprises in Kumluca district of Antalya.

Methods and Results: For this purpose, surveys were conducted in 122 greenhouse enterprises. With the help of the obtained information, it was determined that 97.5% of greenhouse plants used polyethylene plastic as cover material on side wall and roof. It was determined that the cover material was burned at the end of its service life at a rate of 4.92% or disposed of in waste bins. It was determined that wood and coal were used as fuel type in the heating greenhouses and 61.02% of the wastes from these fuels were disposed in trash cans and 38.98% were disposed in open areas outside the greenhouse. It was determined that 47.45% of the fertilizer bags used in the enterprises and 82.79% of the medicine boxes were disposed or incinerated. It was determined that 95.90% of the vegetable wastes from the pruning and 88.52% of the wastes from the harvest were disposed in a way that would harm the nature and the atmosphere. It has been determined that 6.56% of the drip irrigation laterals whose life has expired, it have been incinerated and disposed in waste bins.

Conclusions: As a result of this study, recycling of plastics, composting of plant wastes and formation of agricultural waste collection centers in the region will contribute to minimizing the negative environmental impacts of wastes in enterprises in order to prevent environmental pollution caused by plastic and plant wastes.

Significance and Impact of the Study: Supporting scientific research for the production of biodegradable plastic materials in greenhouse enterprises is very important in terms of reducing environmental pollution and sustainable greenhouse cultivation.

Atıf / Citation: Boyacı S, Kartal S (2019) Determination of environmental problems caused by agricultural wastes in greenhouse enterprises and solution suggestions. *MKU. Tar. Bil. Derg. 24 (Özel Sayı) : 51-60*

GİRİŞ

Sürdürülebilir seracılık sistemlerinin amacı; kaynakları koruyan, sosyal destekli, ticari, rekabetçi, çevreci,

güvenilir üretim teknolojisine sahip, enerji, su ve kimyasal ilaç ihtiyacını azaltan ve mümkün olduğu kadar atık üretmeyen bir sistem olmalıdır (Giuliano ve ark., 2010). Serada yapılan yetiştiricilikte açık alanlarda

yapılan yetiştiriciliğe göre daha fazla miktarda enerji, su, gübre ve tarımsal ilaca gereksinim göstermesi yanında fazla miktarda atık ve karbon emisyonunda üretmektedir (Baytorun ve Gügercin, 2015). Tarımda özellikle son yıllarda artan plastik kullanımı ve bu plastiklerin doğru bir şekilde bertaraf edilmemesi nedeniyle çevresel etkileri her geçen daha fazla artmakta ve emisyon kaynağı olmaya devam etmektedir. Birçok farklı tarımsal uygulamada plastik malzemelerin kullanılması (alçak tünel yüksek tünel ve sera örtü malzemeleri, malçlar, sulama boruları) plastik atığın artmasına neden olmaktadır (Scarascia-Mugnozza, 1995). Tarımda plastik malzemelerin kullanımının günümüzde yoğunlaşması, üretkenliği önemli ölçüde artırmaya karşın, aynı zamanda tarım ekosisteminin çevre üzerinde artan olumsuz etkiler yaratmaktadır. Tarım, enerji ve su girdileri, kimyasal gübre ve zirai ilaçların yanı sıra plastik malzemelerin büyük bir bölümünün kullanımından sorumludur. Plastik üretimi sırasında oluşan kirliliğin yanı sıra sera, yüksek tünel, alçak tünel için örtü malzemesi malçlama, sulama ve drenaj boruları için kullanılan plastik malzemeler ömrünün bitiminde açık alanlara bırakılarak veya yakıldığında kirlenme kaynağı haline gelebilir. Bunun yerine, tarımsal plastik atıkları (APW) doğru toplanırsa, yeni bir ikincil hammadde veya bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Yeterli bir APW yönetimi, ekonomik kayıpları ve çevresel zararları önleyebilir (Vox ve ark., 2016).

Sürdürülebilir atık yönetimini sağlayabilmek için sistem içerisinde yer alan her bir elemanın çevresel ve ekonomik yüklerini incelemek ve bu mekanizmayı sürekli olarak işletmek gereklidir. En ekonomik ve işletme maliyeti en düşük atık yönetim sistemi en az atığın üretildiği sistemdir. Atık miktarını azaltmak için en az atık üretecek yöntemlerin uygulanması, atıkların enerji ve/veya materyal olarak geri dönüşümlerinin sağlanması gerekmektedir (Yaman, 2012). Fosil ham maddelerle üretilen tarımsal plastikler, güneş radyasyonu, rüzgar, yağmur, dolu, hava sıcaklığı ve nem gibi atmosferik maddelere, ekim döneminde kullanılan zirai mücadele ilaçlarına, kurulum ve kullanım koşullarına maruz kalmaları nedeniyle bozunmaya maruz kalmaktadırlar. Plastik bozunması, plastik söküldüğünde büyük ve artan miktarlarda plastik atık üretir (Scarascia-Mugnozza, 1995; Picuno, 2014). Plastik filmlerin bozunması esas olarak ultraviyole güneş radyasyonunun etkisi altında polimerik zincirlerin yokedilmesi nedeniyle oluşur. Tarımsal plastikten üretilen atıkların büyük bir kısmı seralar, alçak tüneller, malçlama ve kaplama ve silaj filmlerinden gelir (Mugnozza ve ark., 2011; Briassoulis ve ark., 2012). İtalya'da tahmini tarımsal plastik atık miktarı (APW), yaklaşık 200,000 ton/yıl olup, bunların %55'i sera

örtüleri, düşük tüneller, toprak malçları, net filimlerden gelmektedir (Picuno ve ark., 2012). Türkiye'nin 2019 yılının ilk 6 ayı itibarıyla 4.48 milyon tonluk toplam plastik mamul üretimi içinde tarım amaçlı üretilen plastiklerin yaklaşık 269.000 ton/yıl olup sektörel bazda %6'lık bir oran oluşturmaktadır (Anonim, 2019).

Tarımsal plastik atıklar, çevresel ve ekonomik bir sorundur. Ancak iyi bir tarımsal plastik atık (APW) yönetimi, ekonomik kayıpları ve çevresel zararı önleyebilir (Vox ve ark., 2016). Çünkü atık yönetimi düzgün bir şekilde yapılmazsa ve bu atıklar göllere, kırsal alanlara atılır ve kontrolsüz bir şekilde yakılır ise peyzaj, çevre, tarım toprağı, hava ve sığ ve derin sulara ciddi ve yaygın hasarlara neden olabilirler. Yanma sırasındaki ortaya çıkan CO₂, CO, H₂S, SO₂, NH₃ ve dioksin gibi zararlı maddeler havayı kirletir. Açıkta yanmanın verimsizliği nedeniyle, Kontrolsüz yanma kontrollü yanmaya göre daha fazla emisyon ve partikül madde yayar. Ayrıca, plastiğin yanması büyük miktarlarda CO₂ emisyonları üretir (kg Polietilen başına 3.0 kg CO₂) eğer bu yanma kontrol edilmezse, ortaya çıkan CO₂ ve ısı üretimi doğrudan atmosfere iletilir ve bilinen olumsuz sonuçlara neden olur (Mugnozza ve ark., 2011).

Sera tarımı, tarımın en önemli gelir getirici kollarından biridir (Saltuk, 2019). Ancak sera atıklarının bertaraf edilmesi üreticiler için ciddi bir problem oluşturmaktadır. Sera atıkları işletmeler tarafından yakılarak veya bahçe kenarlarına gelişigüzel atılarak bertaraf edilmeye çalışılmakta bu durum ise çevre kirliliğine yol açmaktadır. Ancak sera koşullarında yoğun biyokütle birikimi, sera içerisinde hastalık ve zararlı yayılımı gibi problemlere neden olabilmektedir. Atıkları yakarak yok etmenin çevresel zararı ve potansiyel faydalarından yararlanılmaması nedeniyle alternatif bir bertaraf yöntemi olan kompostlama ile tarımda değerlendirilmesi son yıllarda önem kazanmakta ve bir çok bilimsel araştırmaya konu olmaktadır (Çerçioğlu, 2019).

Bu çalışmada ülkemiz ve Antalya ili için önemli seracılık merkezi olan Kumluca ilçesinde sera işletmelerinden kaynaklı ve çevre üzerinde etkili olan kirlenme faktörlerinin (plastik malzeme, kimyasal gübre ve ilaç kutuları, hasat sonrası atıklar ve damla sulama lateralleri vs.) kullanım ömrü sonunda değerlendirilme durumları ortaya konulmuştur. Aynı zamanda bu atıkların çevreye ve doğaya vereceği zararın azaltılması yönünde alınması gerekli tedbirler değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Antalya ili Kumluca ilçesinde bulunan sera işletmeleri seçilmiştir Şekil 1. Ülkemizin güneyinde yer alan Antalya ili Kumluca ilçesi 36.3646

enlem ve 30.2978 boylamları arasında yer alır ve deniz seviyesinden yüksekliği 60 m'dir. Ülkemizde niteliklerine göre örtü altı tarım alanlarına bakıldığında toplam 772091 dekar alanın 283283 dekarı Antalya ilinde bulunmaktadır. Örtüaltı tarımının yoğun olarak yapıldığı Kumluca ilçesinde toplam örtüaltı varlığı 42500 dekar'dır. Örtüaltı faaliyetleri bakımından ülkemiz ve Antalya ili açısından önemli bir payı bulunan Kumluca ilçesi Türkiye'deki toplam örtüaltı tarım alanının %5.5'ini, Antalya ilinin ise %15'ini oluşturmaktadır. İlçede üretimi yapılan ürünler içerisinde toplam 42500 dekar örtüaltı alanının 29850 dekarında (%70.24) domates üretimi yapılmaktadır.



Şekil 1. Antalya ili haritası

Kumluca ilçesinde anket yapılan sera işletmelerinde üretim dönemlerinde ortaya çıkan bitkisel ve plastik atıklar, bu atıkların değerlendirilme, depolanma ve çevreye olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 1. İncelenen sera işletmelerinin genel özellikleri

Sera işletmelerinin genel özellikleri	Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
Seracılık yaptığı süre	0-10	38	31.15
	11-20	44	36.07
	>21	40	32.79
	Toplam	122	100
Seraların yerleşim şekli	Tek sera	9	7.38
	Blok sera	113	92.62
	Toplam	122	100
Seraların uzun eksen yönü	Kuzey-Güney	69	56.56
	Doğu-Batı	53	43.44
	Toplam	122	100
Seraların konstrüksiyon şekli nedir	Yay çatılı	118	96.72
	Beşik çatılı	2	1.64
	Venlo	2	1.64
	Toplam	122	100

Çalışma alanında işletmelere ait bilgilere bakıldığında işletmelerin seracılık yaptığı süre bakımından 1 ile 45 yıl

Araştırmanın arazi çalışmaları 2019 Mayıs-Temmuz aylarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma materyali olarak belirlenen sera işletmeleriyle ilgili gerek duyulan veriler yapılan anket ve gözlem çalışmaları ile elde edilmiştir. Çalışmada anket uygulanacak sera işletme sayısının belirlenmesinde basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Buna göre örnek işletme sayısı Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Çiçek ve Erkan 1996).

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{(N-1) \times D^2 + \sigma^2} \quad (1)$$

Eşitlikte, n=Örnek hacmini, N: Populasyondaki işletme sayısını, σ^2 : Populasyon varyansını, D^2 : $(d/t)^2$ burada, d: ortalamadan belirli bir orandaki (%5) sapmayı, t: %95 güven sınırına karşılık gelen t tablo değeridir.

Çalışmada, anket yapılacak işletme sayısı %95 güvenilirlik sınırı ve %5 hata payı ile 122 işletme olarak belirlenmiş ve işletmelerin seçimi, tesadüfi olarak yapılmıştır. Ankete tabi tutulan 122 adet sera işletmesi hakkında üreticilerin eğitim durumu, çiftçilik ve seracılık yaptığı süre, kullanılan örtü malzemesi, gübre ve kimyasal ilaç kutuları, bitkisel atıkların değerlendirilmesi, ısıtma sonucu ortaya çıkan fosil atıkların bertarafı ile ilgili bilgiler, hazırlanan anketler kullanılarak belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İncelenen sera işletmelerinin genel özellikleri

Antalya ili Kumluca ilçesinde yapılan çalışmada, incelenen sera işletmelerinin genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

arasında ortalama olarak yaklaşık 17 yıllık üretim tecrübesine sahip oldukları belirlenmiştir. Gale ve ark.

(2014) Antalya ilinde yapmış oldukları çalışmalarında üreticilerin seracılık yaptıkları sürenin eski olduğunu ve üreticilerin % 88.90'ının 15 yıldan daha fazla süredir seracılık yaptığı ve bu işi geleneksel olarak sürdürdükleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada benzer olarak çalışma alanında seracılık tecrübesinin eskiye dayandığı belirlenmiştir. Seraların yerleşim şekli olarak %92.62 oranında blok olarak kurulan seraların uzun eksen yönünün kuzey-güney doğrultusunda olduğu belirlenmiştir. Emekli ve ark. (2007) Antalya'nın Kumluca ilçesinde yürütmüş oldukları çalışmalarında, araştırma yapılan seralarda yörenin ekolojik koşulları, seraların bireysel ve blok şeklinde inşa edilmeleri düşünüldüğünde sera kurulum yönünün blok seralarda kuzey-güney yönünde kurulmasının gerektiğini, ancak bireysel seraların özellikle kış aylarında güneş ışınımdan daha fazla yararlanmak amacıyla kurulması düşünülen yeni seraların doğu-batı yönünde yönlendirmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada kış aylarında güneş ışınımdan daha fazla yararlanmak ve kış aylarında kullanılan yakıt miktarını azaltmak için seraların kuruluş yönlerine dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Yakıt miktarını azaltmak ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payını azaltmanın yanında, fosil

enerjikaynaklarının atmosfere saldıği gazlarında azaltılması bakımından oldukça önemlidir. İncelenen seralar yararlanma şekillerine göre değerlendirildiğinde tamamının yetiştirme serası ve topraklı tarım yapıldığı belirlenmiştir. Yetiştirme seralarında işletmelerin son iki yılda yetiştirdiği ürünler arasında % 49.29 ile domates ilk sırada yer almakta ve bunu sırası ile biber (%23.57), kavun (%10.71), hıyar (%6.43), patlıcan (%4.29), kabak (%5.0), patlıcan (%4.29) ve bağ (%0.71) izlemektedir. Emekli ve ark. (2007) yetiştirme seralarında yetiştirilen ürünler arasında domates %42.8 ile ilk sırada yer alırken bunu sırası ile (%28.6 ile biber, %19.0 ile patlıcan, %3.2 ile kabak, %3.2 kavun ve %3.2 hıyarın izlediğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada yörede domates yetiştiriciliğinin ilk sırada olduğunu bunu diğer sera sebze ürünlerinin izlediği belirlenmiştir.

Sera işletmelerinde plastik kullanımı ve değerlendirme şekilleri

Çalışmada, sera işletmelerinde plastik kullanımı ve değerlendirme şekillerine ait bilgiler Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2. Üreticilere ait işletme ve yapı bilgileri

İşletme bilgileri	Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
İşletmedeki sera tipi	Cam Sera	3	2.5
	Plastik Sera	119	97.5
	Toplam	122	100
Yan duvarlarda kullanılan örtü malzemesi	Polietilen (normal)	4	3.3
	Polietilen UV	1	0.8
	Polietilen UV+IR	114	93.4
	Cam	3	2.5
	Toplam	122	100
Çatıda kullanılan örtü malzemesi	Polietilen (normal)	4	3.3
	Polietilen UV	1	0.8
	Polietilen UV+IR	114	93.4
	Polikarbon	3	2.5
	Toplam	122	100
Örtü malzemesini kullandıktan sonra ne yapıyorsunuz	Çöp kutularına atıyorum	1	0.82
	Yakıyorum	5	4.10
	Tarımsal amaçlar için kullanılıyor	12	9.84
	Hurdacıya bırakıyorum	104	85.25
	Toplam	122	100

Sera işletmelerde örtü malzemesi olarak cam ve plastik örtü malzemesinin kullanıldığı belirlenmiştir. İşletmelerde cam seraların toplam yüzey alanı 7132 m² iken plastik seraların toplam örtü yüzey alanı 436753 m² olarak belirlenmiştir. Seralarda kullanılan yan duvar ve çatıda kullanılan örtü malzemesi olarak en fazla (%93.40)

UV+IR katkılı örtü malzemesinin kullanıldığı belirlenmiştir. Sera işletmelerinde örtü malzemesi kullanıldıktan sonra genelde %85.25 inin tarımsal amaçlar ve hurdacılara ücreti karşılığında satıldığı belirlenmiştir. Bunun yanında plastik örtü malzemesini yakan ve çöp kutularına atan işletmelerinde (% 4.92)

olduğu belirlenmiştir. İşletmelerin kullanım ömrü sonunda plastiklerin 6300 m² sini çöp kutularına ve 23206 m² sini yakarak olmak üzere toplam 29506 m² plastiği uygun olmayan şekilde bertaraf edildiği belirlenmiştir. Alkan (1977) sera örtü malzemeleri içinde, plastik malzemenin daha yaygın bir şekilde kullanılmasının nedenlerini, kullanılmasının kolay ve ilk maliyetinin ucuz oluşu, geçici amaçla kullanılmaya daha uygun oluşu ve ışık geçirgenliğinin bitki gelişimine uygun bulunması gibi özellikleri olduğunu bildirmiştir. Türkay ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmalarında işletmelerin örtü malzemesi olarak %98 oranında PE plastik kullanıldığını ve bunların %70 oranında katkılı plastik malzeme kullanıldığını bildirmiştir. Saltuk (2005) ise işletmelerde örtü malzemesi olarak %81.7 oranında katkılı plastik malzeme kullanıldığını bildirmiştir. Tarımsal uygulamalarda kullanılan plastik malzemeler özellikle plastik filmler, kalınlıkları, güneş ışınlarına ve böcek ilacına maruz kalmaları, sıcaklık ve bağıl nemdeki değişiklikler, rüzgar ve yağış eylemleri nedeniyle mekanik özelliklerinin giderek bozulmasından etkilenerek bozunurlar (Picuno, 2014). Bunların sık değiştirilerek yerine yeni plastiklerin kullanılması, düzgün yönetilmesi gereken büyük miktarda tüketici sonrası malzeme üretmektedir (Briassoulis ve ark., 2012). Kullanım ömrünün sonunda plastik atıklar genellikle açık alanda yakılır, tarlalarda veya su yollarında bırakılır, toprağa gömülür, düzenli depolama alanları içine konur tarımsal plastik atıkların uygunsuz şekilde atılması toprak ve su kirliliğine, zararlı maddelerin ve hava kirlenmelerinin

serbest bırakılmasına, gıda kontaminasyonu, toprak kalitesinin bozulmasına ve aynı zamanda estetik kirlilik ve peyzajın ve tarımsal-ekosistemim bozulmasına neden olur (Briassoulis ark., 2013). Atılğan ve ark. (2014) örtü malzemelerinin %61'inin uygun bir şekilde bertaraf edildiğini %39' luk kısmının (%27.3 tarlaya bırakma, %1.3'ünün nehir veya dereye, %3.3'ünün yaktığını ve %6.8 diğer) çevre ve insan sağlığı için tehlike oluşturacak şekilde yok edilmeye çalışıldığını bildirmiştir. Güzey (2015) tarafından yapılan çalışmada plastik örtü malzemelerinin kullanıldıktan sonra değerlendirme düzeylerine baktığı çalışmada değiştirilen örtü malzemelerinin %64 ünün uygun bir şekilde bertaraf edildiğini %36'lık kısmının (%21 tarlaya bırakma ve %15 yakma) çevre ve insan sağlığı için tehlike oluşturacak şekilde bertaraf edildiğini bildirmiştir. Boyacı (2018) yapmış olduğu çalışmada sera işletmelerinin %20'sinin örtü malzemesini yaktığını, %50'sinde çöp kutularına attığını belirlenmiştir.Yapılan çalışmada da, diğer çalışmalarda olduğu gibi sera üreticilerinin %4.92'sinin, plastiği uygun bir şekilde bertaraf etmediği benzer olarak yakarak veya çöp kutularına atılarak çevreye ve insan sağlığını tehlikeye atacak şekilde bertaraf edildiğini belirlenmiştir.

Seralarda fosil yakıt kullanımı ve değerlendirme şekilleri

İşletmelerden çıkan fosil yakıtların değerlendirilme şekli Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. İşletmelerden çıkan fosil yakıtların değerlendirilme şekli

Isıtma sistemi ve atıkların değerlendirme şekli	Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
Seralarınızda ısıtma yapılıyor mu	Evet	118	96.72
	Hayır	4	3.28
	Toplam	122	100
Isı korunumu amacıyla önlem alıyormusunuz?	Evet	69	56.56
	Hayır	53	43.44
	Toplam	122	100
Isı korunumu amacıyla kullanılan malzemeler	Isı perdesi	44	52.38
	Çift kat örtü malzemesi	18	21.43
	Yağmurlama	22	26.19
	Toplam	84	100
Isıtmada kullanılan yakıt türü	Kömür	27	22.88
	Odun	91	77.12
	Toplam	118	100
Fosil yakıt atıklarını nasıl değerlendiriyorsunuz	Çöp kutularına atıyorum	72	61.02
	Seradan uzak bir yere atıyorum	46	38.98
	Toplam	118	100

İncelenen işletmelerin %96.72'sinin ısıtma yaptığı belirlenmiştir. Ancak ısıtma yapan 118 adet işletmede ısıtmanın dondan koruma amaçlı ısıtma yaptığı belirlenmiştir. Isıtmada kullanılan yakıt kaynaklarına göre kömür kullanılan işletmelerde 400-8000 kg arasında kömür, odun kullanan işletmelerde ise kullanılan yakıt miktarının 700-8000 kg arasında değiştiği görülmüştür. Emekli ve ark. (2007) Kumluca ilçesinde incelenen sera işletmelerinde kullanılan ısıtma sistemlerinin dağılımı incelendiğinde yörede üreticilerin % 82.9'u bitkileri sadece don tehlikesinden korumaya yönelik ısıtma yaptıklarını bildirmiştir. Çalışmada, incelenen 122 işletmeden 84 ünün (%69) ısı korunumu amacıyla önlem aldığı belirlenmiştir. Emekli ve ark. (2007) Kumluca yöresinde ısı perdesi kullanan üreticilerin ısı perdelerini sadece yan duvarlar üzerine elle yerleştirdiklerini ve ısı perdelerinin uygun bir açma kapama mekanizmasına sahip olmaması nedeniyle ısı perdelerinden beklenen faydanın sağlanamayacağını bildirmiştir. Araştırma alanında, ısıtma yapılan işletmelerde fosil yakıtların kullanıldıktan sonra çöpe atıldığı (%61.02) ve %38.98'inin seradan uzak bir yere atıldığı belirlenmiştir. Güzey ve Atılğan (2015) yapmış olduğu çalışmada yakıt

olarak fosil yakıtların kullanıldığını ve bu yakıtların çöp kutularına ve açık tarla alanlarına atıldığını belirtmiştir. Yapılan çalışmada araştırmacının yapmış olduğu çalışmaya benzer olarak enerji maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ısıtmanın dondan koruma amacıyla yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca ısı korunumu amacıyla önlem alınsa bile ısı perdelerinin uygun bir açma kapama mekanizmasına sahip olmaması ve sızdırmazlık problemleri nedeniyle uygun işletilmediği belirlenmiştir. Bu durum kullanılan enerji kaynağının artmasına neden olacaktır. Aynı zamanda atmosfere salınan karbondioksit miktarını arttıracığından yalnızca üretim içerisindeki ısıtmanın payını arttırmanın yanında çevresel etkileride oldukça önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca fosil yakıtların atıklarının sera dışına açık alanlara gelişi güzel atılması sonucu yağışlar ve rüzgar ile taşınım yoluyla toprak ve su kaynaklarına etki edeceği belirlenmiştir.

Sera işletmelerinde kullanılan gübre ve ilaç kutularına ait bilgiler

Üretimde kullanılan gübre ve ilaç kutularına ait bilgiler Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Üretimde kullanılan gübre, ilaç ve budamaya ait bilgiler

Gübre ve ilaç kutularına ait bilgiler		Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
Seranızda ne tür gübre kullanıyorsunuz	Kimyasal		21	17.21
	Organik+Kimyasal		100	81.97
	Biyolojik mücadele		1	0.82
	Toplam		122	100
Kullanılan kimyasal gübre poşetlerini nasıl değerlendiriyorsunuz	Çöp kutularına atıyorum		42	34.34
	Yakıyorum		16	13.11
	Hurdacıya satıyorum		35	28.69
	Çeşitli işlerde kullanıyorum		29	23.77
Toplam		122	100	
İlaç kutularını nasıl imha ediyorsunuz	Çöp kutularına atıyorum		60	49.18
	Yakıyorum		41	33.61
	Hurdacıya satıyorum		19	15.57
	İlaç kullanılmıyor		2	1.64
Toplam		122	100	

Sera işletmelerinin neredeyse tamamının kimyasal gübre kullandığı belirlenmiştir. Biyolojik olarak mücadele eden 1 adet işletmenin bulunduğu belirlenmiştir. İncelenen işletmelere bakıldığında kimyasal gübre poşetlerinin %47.45'inin, ilaç kutularının ise %82.79'unun çöp kutularına gelişi güzel atıldığı veya yakılarak doğaya ve atmosfere zarar verdiği belirlenmiştir. Isıtılmayan seralarda fazla miktarda ilaç kullanımı, tüketici sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Seralarda düşük sıcaklık ve yüksek nem problemini çözmek için

alınabilecek tedbirlerden biri de seraların ısıtılmasıdır. Düşük sıcaklık ve yüksek nem bir taraftan fiziksel, kimyasal ve aromatik kalite noksanlığı oluştururken, diğer taraftan yoğun tarımsal savaş ilacı ve hormon kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Seralarda nitelikli ve nicelikli verimin elde edilebilmesi için günlük ortalama dış sıcaklık değerinin 12°C'nin altına düştüğü zamanlarda ısıtma zorunluluğu ortaya çıkar (von Zabeltitz, 1994). Atılğan ve ark. (2014) tarımsal üretim için kullanılan gübre atıklarının %50'sinin (%26 yakma, %22 tarlaya

birakma ve %2 nehir veya dere) doğaya kontrolsüz olarak bırakıldığını işletmelerin bu konuda yeterince dikkatli olmadığını, kullanılan tarımsal ilaç atıklarını %52 oranında uygun olmayan şekilde bertaraf ettiği (%25.3 yaktığını, %24 tarlaya bırakıldığını, %2.7 dere veya nehirlere bırakıldığını) ve doğaya zarar verdiğini belirlemişlerdir. Güzey (2015) yapmış olduğu çalışmada, işletmelerinin %24'ünün kullandığı gübre atıklarını yaktıklarını, tarım ilacı atıklarını bertaraf işlemi olarak en fazla (%42) yakmayı tercih ettiklerini bildirmiştir. İncelenen sera işletmelerinin %33'ünde ilaç kutularını kullandıktan sonra çöp kutularına attıkları, işletmelerin %3'ünün geri dönüşüm noktalarına bıraktığı, %13'ünün ise sera dışına gelişigüzel attığı ve %3'ünün de nehire attığını belirlemiştir. İncelenen işletmelerde mekanizasyon düzeyinin düşük olması, ısıtmanın dondan korunma amacıyla yapılması gibi sebeplerden dolayı

verim düşüklüğünün yanında hastalıktan dolayı ilaç kullanımı artmakta ve budurumda kullanılan ilaç kutularının doğru bir şekilde doğaya zarar vermeden bertarafı önem kazanmaktadır. Araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara benzer olarak işletmelerde gübre ve ilaç kutularının atıklarının uygun olmayan şekilde doğaya kontrolsüz olarak bırakıldığı belirlenmiştir. Ayrıca gübre ve ilaç kutularının atıklarının sera dışına açık alanlara kontrolsüz olarak bırakılması sonucu yağışlar ve rüzgar ile taşınım yoluyla toprak ve su kaynaklarına etki edeceği ve sera işletmelerinin yoğun olduğu bölgelerde ekolojik dengeye etki edeceği belirlenmiştir.

Sera işletmelerinde ortaya çıkan budama ve hasat sonu artıklara ait bilgiler

Sera işletmelerinde ortaya çıkan budama ve hasat sonu artıklara ait bilgiler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Üretimde kullanılan gübre, ilaç ve budamaya ait bilgiler

Budama ve hasat sonu artıklara ait bilgiler	Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
Budamadan çıkan bitkisel atıkları nasıl değerlendiriyorsunuz	Kompost yapıyorum	5	4.10
	Yakıyorum	3	2.46
	Seranın dışına bırakıyorum	46	37.70
	Seranın içine bırakıyorum	68	55.74
	Toplam	122	100
Hasattan sonra geriye kalan bitkisel atıkları nasıl değerlendiriyorsunuz	Kompost yapıyorum	14	11.48
	Yakıyorum	40	32.79
	Çöp kutusuna atıyorum	13	10.66
	Seranın dışına bırakıyorum	50	40.98
	Nehir yada dereye atıyorum	5	4.10
	Toplam	122	100

Budamadan çıkan bitkisel atıklar ve hasattan sonra geriye kalan bitkisel atıklara bakıldığında budamadan çıkan atıkların %95.90'ının, hasattan çıkan atıkların ise %88.52'sinin doğaya ve atmosfere zarar verecek şekilde bertaraf edildiği belirlenmiştir. Atılman ve ark. (2014) bitkisel atıkların ise %8.7 oranında kompost için kullanılırken %91.3 oranında (%63.3 tarlaya bırakma, %8.7 nehir veya dereye atma ve %19.3 kendini yok etmesini bekleyerek) doğaya zarar verecek şekilde bertaraf ettiği belirlenmiştir. Güzey ve Atılman (2015) yapmış olduğu çalışmada işletmelerinin %12'sinde budamadan çıkan bitkisel atıklarını sera içine attıkları ve %15'inde ise seranın dışında tarlaya gelişigüzel bıraktıkları, %37'sinin yakarak ve %22'sinde çöp kutularına atarak bertaraf ettiklerini belirtmişlerdir. Karaca ve ark. (2016) tarımsal üretim sonucunda arta kalan bitkisel atıkların değerlendirilmeyip yok edilmesinin (yakılarak ya da çöp alanlarına atılarak imha) ciddi anlamda çevre kirliliğini beraberinde getirdiğini ve

ekonomik kayıp oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ortaya çıkan tarımsal atıkların değerlendirilip, ülke ekonomisine kazandırılması öncelikli konulardandır. Aydın ilinde seracılığın çoğunlukta olduğu Sultanhisar, Nazilli ve Söke ilçelerinde yer alan sera atıkları miktarı 686 ton olup, enerji potansiyeli 10938 GJ değerine karşılık gelmektedir. Atıkların çevreye zarar verilmeden biyokütle enerjisi olarak kullanılması durumunda çevre kirliliğini azaltması yanında enerji kaynağı olarak ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Sera bitki atıklarının kompostlaştırılarak değerlendirilmesi ile topraklara önemli miktarda bitki besin maddesi kazandırılacak, kullanılan kimyasal gübre miktarının azaltılması ve yakılması sonucunda ortaya çıkan çevre kirliliğinin önlenmesi sağlanacaktır (Çıtak ve ark., 2006). Sönmez ve ark. (2002) Antalya ili Kumluca ilçesinde yapmış oldukları çalışmalarında, sera bitki atıklarının önemli bir çevre sorunu yarattığını bildirmişlerdir. Bitkilerin söküldüğü aylarda (Ocak-Şubat ve Mayıs-

Haziran) ortaya çıkan yüzlerce ton bitkisel atığın bir müddet sonra yakıldığını, bunun hem görüntü hemde çevre kirliliğine neden olduğunu belirtmiştir. Önemli miktarda sera bitki atığının organik madde olarak toprağa geri dönüşümünün sağlanmasıyla birlikte çevresel problemlerin önlenebileceğini bildirmişlerdir. Kumluca yöresinde yaklaşık 14275 da alanda domates yetiştiriciliği yapılan seralardan bitkisel atıklar ile yılda ortalama 132.47 ton N, 8.39 ton P, 88.49 ton K, 81.23 ton Ca, 30.40 ton Mg, 319.2 kg Fe, 344.88 kg Mn, 124.06 kg Zn ve 140.33 kg Cu topraktan alınmaktadır. Antalya ilinde domates yetiştirilen sera alanları (ortalama 82142 da) dikkate alındığında ise sökülen domates bitkileriyle yılda ortalama 762.28 ton N, 48.22 ton P, 572.53 ton K, 467.39 ton Ca, 174.96 ton Mg, 1.84 ton Fe, 1.98 ton Mn, 0.71 ton Zn ve 0.81 ton Cu hiçbir amaçla kullanılmadan yok olmaktadır. Bu bitki atıkları ile yaklaşık olarak Kumluca ilçesinde 680 ton, Antalya ilinde ise 3910 ton kimyasal gübredekine eşdeğer N, P₂O₅ ve K₂O yok olmaktadır. Bu bitkisel atıklarının kompostlaştırılarak organik gübre olarak kullanılması durumunda bölgede mevcut

seralarda karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi olan yetersiz toprak organik maddesinde bu yolla iyileştirilmesi mümkündür. Bu nedenle yöresel olarak üreticilerin veya üretici birliklerinin basit kompost tesisleri kurmaları öncelikle desteklenmelidir (Sönmez ve ark., 2002). Araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara benzer olarak işletmelerden çıkan atıkların uygun olmayan şekilde (yakma, tarlaya gelişigüzel bırakma,) doğaya kontrolsüz olarak bırakıldığı belirlenmiştir. Araştırma alanında az sayıda işletmenin bitkisel atıkları kompost yapması çok önemli görülmüş ve bunun yaygınlaştırılması için üreticilerin teşvik edilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu durumda kullanılan kimyasal gübre miktarında azalma eğilimine gireceği ve çevresel etkilerinin azaltılacağı belirlenmiştir.

İşletmelerin sulama sistemleri ve sistem ekipmanlarının değerlendirme şekli

İşletmelerin sulama sistemleri ve sistem ekipmanlarının değerlendirme şekli ait bilgiler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. İşletmelerin sulama sistemleri ve sistem ekipmanlarının değerlendirme şekli

Sulama sistemleri ve değerlendirme şekli	Cevap Sınıfı	Üretici sayısı	%
Hangi sulama sistemini kullanıyorsunuz	Damla	121	99.81
	Karık	1	0.82
	Toplam	122	100
Damla sulama laterallerini nasıl imha ediyorsunuz	Çöp kutularına atıyorum	4	3.28
	Hurdacıya satıyorum	110	90.16
	Yakıyorum	2	1.64
	Henüz satış yok	6	4.92
	Toplam	122	100

Sera üreticilerinin %99.81'i damla sulama yöntemini tercih ederken 1adet işletmede karık sulama ile sulama yapıldığı belirlenmiştir. Kullanılan damla sulama laterallerinin atık olarak değerlendirme şekli olarak büyük oranda hurdacıya ücreti karşılığında verilsede bu lateralleri yakan (%1.64) ve çöp kutularına atan üretici oranında (%3.28) olarak bulunmuştur. Damla sulama lateralleri günümüzde polietilen malzeme kullanılarak üretilmektedir. Petrolden elde edilen sentetik polimerlerden olan PE, plastik atık olarak doğaya terk edildiklerinde, toprakta uzun süre parçalanmadığından çevre kirliliğine ve toksik madde birikimine neden olmaktadır. Yakılarak imha edildikleri zaman ise çevreye ve havaya toksik maddelerin salınımına yol açmaktadırlar. Ayrıca tarımsal arazilerde kullanıldıkları için çevreye verdikleri zararın boyutu daha da artmaktadır (Alkan, 2013). Boyacı (2018) yapmış olduğu

çalışmasında sera işletmelerinin %70'inin sulama yöntemi olarak damla sulama yöntemini tercih ettiğini ve kullanım ömrü sona eren damla sulama borularının %50'sinin çöp kutularına atıldığını ve işletmelerin %12.5'inin ise bu lateralleri yaktığını belirtmiştir. Araştırma alanında damla sulama yöntemi kullanan işletme sayısının yüksek olması sulamada verimlilik açısından olumlu olsada bu laterallerin çöp kutularına atılması ve yakılması olumsuz çevresel etkileri bakımından uygun görülmemektedir. Bu atıkların uygun şekilde ikincil bir hammadde kaynağı olarak kullanılması çevresel etkilerinin azaltılması bakımından son derece önemlidir.

Sera işletmelerinde kullanılan örtü malzemeleri, budama atıkları gübre kutuları ve damla sulama laterallerinin kullanım ömrü tamamlandıktan sonra değerlendirilme şeklinin ortaya konulduğu çalışmada, çevresel koşullar

etkisi ile bozulan plastik örtü malzemelerinin kullanım ömrü sonunda tarlalara bırakıldığı ve yakıldığı belirlenmiştir. Çevresel sorun olan bu plastik atıklar uygun koşullarda toplandığı takdirde yeni bir ikincil hammadde veya enerji kaynağı olarak ekonomiye kazandırılması mümkündür. Bunun yanında kompost olma özelliği gösteren budama ve hasat atıklarının yakıldığı tarlalara bırakıldığı ve çevre kirliliğine neden olduğu belirlenmiştir. Oysaki bu materyalin kompost hale getirilmesi ile topraklara önemli miktarda bitki besin maddesi sağlaması nedeniyle biryandan kullanılan kimyasal gübre miktarının azaltılması sağlanmış olacak diğer yandan da yakılması sonucunda ortaya çıkan çevre kirliliğinin önlenmesi sağlanacaktır.

Çalışma sonucunda tarımda sera işletmelerinden kaynaklı plastik ve bitkisel atıkların olumsuz çevresel etkilerini azaltmak amacıyla alınacak tedbirlerden bazıları; 1) Plastik malzemelerin içerisine ilave edilen katkı maddelerinin arttırılarak plastik malzemelerin kullanım ömrünün uzatılması, 2) Kullanım ömrü tamamlanan plastik örtü malzemeleri, damla sulama lateralleri vb. tarımsal plastik atıkları için tarımsal bölgelerde uygun toplama alanlarının oluşturularak bu plastiklerin geri dönüştürülmesi için gerekli tedbirlerin yetkililerce alınması, 3) Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malzemelerin yapımı için bilimsel araştırma çalışmalarının desteklenmesi, 4) Bitki artıkları için toplama merkezi oluşturularak kimyasal gübrenin giderek yaygınlaştığı günümüzde bitkisel atıkların kompost hale getirilerek toprak için yararlı hale getirilmesi, 5) Bitkisel atıkların biyokütle enerjisi olarak ekonomiye kazandırılması amacıyla kurulacak tesisler için üreticilerin devlet teşvikleri ile desteklenmelidir. Alınacak bu ve benzeri tedbirler artan sera işletmeleri için sürdürülebilir seracılık ve çevre dostu bir üretim için çözüm oluşturacaktır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, Antalya ili Kumluca ilçesinde bulunan sera işletmelerinde ortaya çıkan ve çevre üzerinde etkili olan kirlenici faktörlerin (plastik örtü malzemeleri, kimyasal gübre ve ilaç kutuları, hasat sonrası atıklar ve damla sulama lateralleri) kullanım ömrü sonunda değerlendirilme şekli ve çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Yöntemler ve Bulgular: Bu amaçla 122 adet sera işletmesinde anketler yapılmıştır. Elde edilen bilgiler yardımıyla sera işletmelerinin %97.5'inin yan duvar ve çatıda örtü malzemesi olarak polietilen plastik kullanıldığı belirlenmiştir. Örtü malzemesinin kullanım ömrü sonunda %4.92 oranında yakıldığı veya çöp

kutularına atıldığı belirlenmiştir. Isıtma yapılan seralarda yakıt türü olarak odun ve kömür kullanıldığı, bu yakıtlardan çıkan atıkların ise %61.02'sinin çöp kutularına, %38.98'inin ise sera dışında açık alanlara atıldığı belirlenmiştir. İşletmelerde kullanılan gübre poşetlerinin %47.45, ilaç kutularının ise %82.79 oranında çöp kutularına atıldığı veya yakıldığı belirlenmiştir. Budamadan çıkan bitkisel atıkların %95.90'ının ve hasattan çıkan atıkların ise %88.52'sinin doğaya ve atmosfere zarar verecek şekilde bertaraf edildiği belirlenmiştir. İşletmelerde kullanım ömrü sona eren damla sulama laterallerinin %6.56'sının yakıldığı ve çöp kutularına atıldığı belirlenmiştir.

Genel Yorum: Çalışma sonucunda, plastik ve bitkisel atıkların oluşturacağı çevresel kirliliğinin önüne geçilmesi amacıyla plastiklerin geri dönüştürülmesi, bitkisel atıkların kompostlaştırılması ve bölgede tarımsal atık toplama merkezlerinin oluşturulması işletmelerde atıkların neden olacağı olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesine katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Sera işletmelerinde biyolojik olarak parçalanabilir plastik malzemelerin yapımı için bilimsel araştırma çalışmalarının desteklenmesi çevre kirliliğinin azaltılması ve sürdürülebilir bir seracılık bakımından oldukça önemlidir.

Anahtar kelimeler: Sera, tarımsal atık yönetimi, plastik, çevresel etki, sürdürülebilirlik

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Alkan M (2013) Biyoplastik malzeme kullanılarak yassı damla sulama borusunun geliştirilmesi. Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarım Makinaları ABD, 77 s.
- Alkan Z (1977) Sera planlama ve inşaa tekniği. Ege Üniversitesi. Müh. Bil. Fak. Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, 205s.
- Anonim (2019) Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu. Retrieved September 10, 2019, from <https://www.pagev.org/upload/files/PAGEV-PLASTI%CC%87KTR%202019-6-%20son.pdf>
- Atilgan A, Oz H, Yilmaz HI, Uzer H (2014) Determination of current status in the resulting of waste materials from production of greenhouse and its environmental interaction. 13th International Scientific Conference Engineering

- For Rural Development, May 29-30, Jelgava, Latvia. Pp 120-125.
- Baytorun AN, Gügercin Ö (2015) Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 30(2): 125-135.
- Boyacı S (2018) Environmental problems caused by agricultural wastes resulting from greenhouse and high tunnel cultivation and solution suggestions. Fresenius Environmental Bulletin 27(4):2510-2517.
- Briassoulis D, Babou E, Hiskakis M, Scarascia G, Picuno P, Guarde D, Dejean C (2013) Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe. Waste Management & Research 31(12): 1262-1278.
- Briassoulis D, Hiskakis M, Babou E, Antiohos SK, Papadi C (2012) Experimental investigation of the quality characteristics of agricultural plastic wastes regarding their recycling and energy recovery potential. Waste Management 32(6): 1075-1090.
- Çerçioğlu M (2019) Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 33(1): 167-177.
- Çiçek, A. ve Erkan, O. 1996. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Yöntemleri. T.C. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 12, Ders Notları Serisi No: 6, Tokat, 118ss.
- Çıtak S, Sönmez S, Öktüren F (2006) The usage possibility of plant origin wastes in agriculture. Derim 23: 40-53.
- Emekli NY, Baştuğ R, Büyüktaş K (2007) Antalya ili Kumluca ilçesindeki seraların mevcut durumu, sorunları ve uygun çözüm önerilerinin geliştirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20(2):273-288.
- Gale U, Tüzel Y, Öztekin GB (2014) Properties of conventional greenhouse production in Kepez Township of Antalya. Turk J Agric Res 1: 68-77.
- Giuliano V, Teitel M, Pardossi A, Minuto A, Tinivella F, Schettini E (2010) Sustainable Greenhouse Systems. Sustainable Agriculture. ISBN: 978-1-60876-269-9. Nova Science Publishers, Inc.
- Güzey S (2015) Sera yetiştiriciliğinde kirlenici faktörlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 68 s.
- Güzey S, Atılğan A (2015) Sera yetiştiriciliğinde kirlenici faktörlerin belirlenmesi: Denizli ili örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 10(2): 22-33.
- Karaca C, Öztürk HH, Ekinci K (2016) Aydın İlinde Bitkisel Kökenli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, Eylül 27-30, Samsun, Türkiye. pp. 47-56.
- Mugnozza GS, Sica C, Russo G (2011) Plastic materials in european agriculture: actual use and perspectives. J of Ag Eng 42(3): 15-28.
- Picuno P (2014) Innovative material and improved technical design for a sustainable exploitation of agricultural plastic film polymer. Plastics Technology and Engineering 53(10): 1000-1011.
- Picuno P, Sica C, Laviano R, Dimitrijevic A, Scarascia-Mugnozza G (2012) Experimental tests and technical characteristics of regenerated films from agricultural plastics. Polymer Degradation and Stability 97(9): 1654-1661.
- Saltuk B (2005) Mersin ili ve ilçelerinde bulunan plastik seraların yapısal yönden incelenmesi ve geliştirilme olanakları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 79 s.
- Saltuk B (2019) Energy efficiency of greenhouse tomato production in turkey: a case of siirt province. Fresenius Environmental Bulletin 28(8): 6352-6357.
- Scarascia-Mugnozza G (1995) Sustainable greenhouse production in Mediterranean climate: a case study in Italy. Medit 6(4): 48-53.
- Sönmez S, Kaplan M, Orman Ş, Sönmez İ (2002) Antalya-Kumluca yöresinde domates seralarında hasat sonrası bitkisel atıklarla kaldırılan besin maddeleri miktarları ve bu atıkların değerlendirilmesi ile ilgili öneriler. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15(1):19-25.
- Türkay C, Öztürk HH, Pınar H, Hocagil MM (2006) Anamur yöresindeki muz seralarının yapısal ve işlevsel özellikleri. Alatarım 5(2): 17-22.
- von Zabeltitz C (1994) Effective use of renewable energies for greenhouse heating. Renewable Energy, 5(1-4): 479-485.
- Vox G, Loisi RV, Blanco I, Mugnozza GS, Schettini E (2016) Mapping of agriculture plastic waste. Agriculture and Agricultural Science Procedia 8: 583-591.
- Yaman K (2012) Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 12(2): 339-348.



Briquetting of corn stalk as a renewable energy source and determination of physical properties of briquettes

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak mısır sapının briketlenmesi ve briket fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Mahmut DOK¹, Mustafa ACAR¹, Ayşegül E. ÇELİK¹, Gülhan ATAGÜN¹, Ufuk AKBAŞ¹

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü., Samsun Ordu Karayolu 17th Km. Tekkeköy-SAMSUN

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Renewable energy, biomass, corn stalk, solid fuel, briquette.

Corresponding author: Mahmut DOK

✉: mahmutdok@hotmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Biomass is very important for Turkey which has a large amount of agricultural areas. Approximately 55-60 million tone wastes of biomass are produced from agricultural areas in Turkey every year.

Methods and Results: In this study, dried and milled corn stalk are turned into a briquette to be used as a solid fuel and determined its physical properties regarding quality of the briquette. The briquettes are produced in a spiral screwed briquetting machine which has 24 kW electric motor power. Milled corn stalk used in the study is dried as moisture content will be under 10 %. In the stage of briquetting, 4 different mould temperature and 3 different particle size are studied. The briquettes are produced in 55 mm thickness as hexagon briquettes of which central bore diameter is 12-15 mm. Before physical tests, to provide stabilization of the briquettes, they are waited in 20 °C environment temperature during 7 days. Intensity of the briquette, endurance resistance, fracture resistance, pressure resistance, heat of combustion, moisture, ash contents, emission values of stack gas and water resistance of the briquettes are determined as properties of the briquettes.

Conclusions: As a result of the conducted tests, in the produced briquettes it is seen that effect of the mould temperature is unimportant on the fracture resistance, also effect of the particle size is unimportant on endurance and fracture resistances. It is determined that the mould temperature and the particle size are markedly effective on examined other forms.

Significance and Impact of the Study: The assessment of agricultural residues will contribute to the elimination of the energy deficit while contributing to economic growth. Taking into account the benefits of the assessment of residues for environmental conditions, it will be understood that the issue is very comprehensive. Therefore, instead of producing agricultural products for renewable energy, the conversion of residues other than food products into energy would be an economic and environmental positive behavior.

Atif / Citation: Dok M, Acar M, Çelik AE, Atagün G, Akbaş U (2019) Briquetting of corn stalk as a renewable energy source and determination of physical properties of briquettes. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :61-70

GİRİŞ

Fosil kaynakların tükenmesi ve dünya enerji ihtiyacının hızla artması, insanları yeni enerji kaynakları arayışı içerisine sokmuştur. Özellikle 1976 yılında yaşanan

petrol krizi, tüm Dünya'ya fosil kaynaklı yakıtların arzının dengesiz olduğunu göstermiş, bu nedenle sürekli arz edilebilen kaynak arayışına girilmesine neden olmuştur. Bu nedenle yenilenebilir enerji için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda ise çevre sorunlarının

yaşamı tehdit eder nitelikte artması, insanlara yenilenebilir enerjinin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Yenilenebilir enerjinin ekonomik açıdan da avantajlı olması ülkeleri bu sektöre yatırım yapmaya yöneltmiştir (Çolakoğlu, 2018).

Yenilenebilir enerji, insan müdahalesi olmadan doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak akan enerji şeklinde tanımlanmaktadır (Acaroğlu, 2013). Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en büyük araştırma payına sahip olan biyokütledir. Biyokütle, tarımsal ve orman ürünlerinin işlenmesinden sonra ortaya çıkan her türlü atığa verilen ad olup. katı, sıvı ve gaz halde bulunabilmektedir. Biyokütle, bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkar yani güneş enerjisini fotosentez yoluyla depolayan bitkisel organizmalar olarak bilinmektedir. Biyokütle malzemeleri arasında sap, saman, sömek, kabuk, küspe gibi tarımsal artıkların yanında talaş, ahşap, yonga ve ağaç kabukları gibi orman artıklarının enerji potansiyelleri oldukça yüksektir (Demirbaş, 2001).

Tarımsal artıklar enerji amacıyla doğrudan yakılabilirler gibi, parçalanma, kurutma ve sıkıştırma gibi işlemlerden geçirilerek pelet ya da briket şeklinde de kullanılabilirler. Pelet küçük silindirik bir forma sahip olan genellikle 6-8-10 mm çapında ve 10-40 mm arasında uzunluğu olan, sıkıştırılmış; talaş, odun yongaları, ağaç kabuğu, ağaç dalları, ekinlerin sapları, fındık, ağaç diplerindeki kozalak gibi doğal ürün ve atıklardan elde edilen bir yakıt çeşididir. Briket ise lignin bakımından zengin orman ve tarımsal artıkların hiçbir kimyasal tutkal ve katkı kullanılmadan kurutulup öğütüldükten sonra yüksek basınçla sıkıştırılması sonucunda yoğunluğu artırılarak farklı biçimlerde üretilen ve enerji sağlamada kullanılan katı yakıttır. Pelet ve briketler evlerin ısınmasında, merkezi ısıtma sistemlerinde, termik santrallerde kömürle birlikte yakılarak ısı ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. (Saraçoğlu, 2010).

Özellikle son dönemlerde, atıl durumda bulunan tarımsal atıkların evlerde ısınma amaçlı briket üretiminde hammadde olarak kullanılması hem laboratuvar ortamında hem de ticari olarak büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde önemli miktarlarda tarımsal atık (herhangi bir şekilde değerlendirilmesi yapılamayan pamuk sapı, ayçiçeği sapı, vb tarımsal atıklar) yasak olmasına rağmen her yıl tarlada yakılmakta veya evlerde yakacak olarak değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu atıkların evlerde yakacak olarak değerlendirilmesini cazip hale getirmenin başlıca yolu ise bunların taşınmasını ve sobalarda yakılmasına imkân sağlayacak briketleme sistemleridir (Boztepe ve Karaca, 2009).

Yapılan bir çalışma, pirinç kabuğu, mısır nişastası ve gliserolden biyoyakıt üretiminin teknik uygulanabilirliğini

göstermiştir. Pirinç kabuğu ve mısır kalıntıları, bitkisel kaynaklı enerji kaynakları olduğundan, yenilenebilir fosil yakıtların yerine sürdürülebilir ve uygun maliyetli bir hammadde sağlamaktadır (COSTA ve ark., 2019).

Briketleme, düşük kütle yoğunluğuna sahip Tarım ve ormancılık artıklarının (biyokütle) yüksek yoğunluklu ve enerji konsantre yakıt briketlerine dönüştürülmesi işlemidir. Biyokütle briketlere dönüştürüldüğünde kullanımı, taşınması ve saklanması kolaydır. Biyokütleden yapılan briketler, doğal malzemelerden yapıldığı için kömür için mükemmel bir alternatiftir. Sera gazı veya zehirli kimyasal madde yaymazlar. Briketler, sıkıştırılmış olduğu için ve daha uzun süre yanmalarından dolayı gevşek biyokütleden daha iyidir. Briketleme, biyokütle artıklarının neden olduğu atık ve kirlilik sorununu çözmektedir. Çeltik sapları, mısır sap ve koçanı, şeker kamışı atıkları, testere tozu, bürülce samanları ve yer fıstığı kabukları, briketler için uygun hammaddelerdir. Biyokütle yakıtlardaki kükürt içeriği önemsizdir ve bu nedenle yandığında asit yağmuru oluşturan kükürt dioksit emisyonuna katkıda bulunmaz. Ayrıca yandığında tarım ve artıklar, kömürün yanmasına kıyasla daha az kül içerir. Tarım ve artıklardan elde edilen kül, çiftliklerde potasyum ve fosfor için katkı maddesi olarak kullanılabilir (Sarakıya ve Kirobo, 2018).

Tarımsal artıklar ülkemizde olduğu gibi, birçok ülkede de yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilir önemli bir yakıt kaynağıdır. Anna ve ark. (2019), Endonezya'da yaptıkları çalışmada, tropik meyve artıklarının (muz, hindistan cevizi, kakao, kahve vs.) potansiyel bir biyoyakıt kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen briketlerin yoğunluğunun 1050 kg/m³ üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Tropikal meyve atıkları biyokütlesinin, biyo-briket üretimi için uygun bir malzeme olduğunu ve Güneydoğu Asya ülkelerinde, özellikle kırsal alanlarda birçok faydası olan potansiyel ve cazip bir enerji kaynağı olduğunu bildirmişlerdir.

Hindistan'da her yıl hava kirliliğine neden olan gevşek biçimde ya tahrip edilen ya da verimsiz bir şekilde yakılan milyonlarca ton tarımsal atık üretilmektedir. Bu atıklar herhangi bir bağlayıcı eklenmeden yüksek yoğunluklu yakıt briketlerine dönüştürerek yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlanmaktadır. Biyokütleyi briketlemenin, taşıma ve depolama problemlerinin yanı sıra biyokömür üretimi üzerinde de avantaja sahip olduğu bildirilmiştir. Hindistan'da peletleme ve vidalama (helezon) briketleme hakim durumdadır, hidrolik pres kullanılmamaktadır. Bu iki makine tipi, talaş ve tarımsal atıkları yoğunlaştırmak için farklı işlemlerde ve şekillerde kullanılmaktadır (Maninder ve ark., 2012).

Malezya'da yüksek oranda tüketilen meyvelerde, muz kalıntılarının atılması sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu

tarımsal atık malzemenin biyokütle briketinde kullanılması çözümlerden biridir. Bu nedenle, briket yoğunluğunun, yanma oranının, kül içeriğinin, alev tutuşmasının ve kalorifik değerinin belirlenmesi için partikül büyüklüğü ve nem muhtevastaki değişiklik önemli olmuştur. Tanımlanan özelliklerin tümü için en kaliteli muz kalıntısı briketinin, partikül büyüklüğü 150 µm ve % 8 nem oranı ile olduğunda elde edildiği görülmüştür. Muz artıklarından elde edilen briketin kalorifik değeri, parçacıkların boyutu arttıkça artar. Hesaplanan briket için en yüksek ısıl değerin, 500 µm partikül büyüklüğü için 19,491 kJ / kg (4663 kcal/kg) olduğunu göstermektedir (M. Nazari ve ark., 2019).

Letonya'da tarımsal biyokütle önemli bir katı yakıt kaynağıdır. Enerji bitkilerinden özellikle kenevir (*Cannabis sativa* L.), lif keten ve keten tohumu (*Linum usitatissimum* L.), ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve saz kanarya otu (*Phalaris arundinacea* L.) test edilmiştir. Bunlarda keten ve ayçiçekleri yüksek kalorifik değere sahiptir. Kül içeriği tüm bitki artıklarında oldukça yüksektir. En yüksek ısıl değer, 105°C ayçiçeği kuru maddesinde 20.6 MJ kg⁻¹ (4928 Kcal/kg) ve liflik keten için 18.5 MJ kg⁻¹ (4426 Kcal/kg) dir (Komlajeva ve ark. 2019).

Endonezya ve Vietnam'da bazı otsu artıklar, biyoyakıt kaynağı olarak incelenmiştir. Bahsedilen tüm atık türlerinde, nem, kül ve uçucu madde içeriği (%) ile alt ve üst ısıl değerleri (MJ kg⁻¹) analizlere tabi tutulmuştur. En yüksek kül içeriği, şeker kamışı küspesi (% 0.84), manyok sapları (% 3.14) ve su sümbüllerinden (% 14.16) elde edilmiştir. En yüksek ısıl değerleri ise manyok sapları 17.5 MJ kg⁻¹ (4187 kcal/kg); muz kabukları 17.3 MJ kg⁻¹ (4139 kcal/kg) ve su sümbülünden 12.8 MJ kg⁻¹ (3062 kcal/kg) şeklinde elde edilmiştir (Brunerová ve ark., 2018).

Malavi'de 2016 yılında, muz kabuğu ve testere tozu karışımı ile yakıt briketlerinin yanma karakteristikleri üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Muz kabukları + talaş ve atık kağıt + talaş işlemleri incelenmiş, kül içeriği, sırasıyla % 10.1 ve % 10.5 olmuştur. Yanma oranı, kül içeriği, nem içeriği, kuru madde ve işlemler arasında uçucu madde bakımından önemli bir fark bulunmamıştır. Sonuçlar, muz kabuğunu, yanmayı destekleyen iyi kaynak yakıt briketi olarak kullanma olasılığını doğrulamaktadır (Thulu ve ark., 2016).

Ülkemizde tarla bitkileri artıklarının yanı sıra, meyve budama artıkları da yenilenebilir enerji kaynağı olarak, önemli bir potansiyele sahiptir. Dok ve ark, (2018), yaptıkları bir çalışmada, şeftali budama artıklarından elde edilen pelet ve briketlerin yakıt özelliklerinin incelenmesi sonucunda, AB pelet ve briket standartları yönünden ve sınımdan kaynaklanan hava kirliliğinin

kontrolü yönetmeliği yönünden her hangi bir sakıncanın olmadığını belirlemişlerdir.

Türkiye'de tarım alanlarından her yıl yaklaşık 55-60 milyon ton biyokütle artıkları üretilmektedir. Ülkemizde mısır ekim alanı, 600,000 ha civarında, üretim ise 5,500-5,600 milyon ton civarındadır (Anonymous, 2019). Hasattan sonra kalan hasat artığı miktarı da yaklaşık elde edilen ürünün yarısı kadardır. Bazı tarım ürünlerinde hasattan sonra dekar başına elde edilen artık miktarı belirlenmiş olup mısır için 528 kg/da civarında bir artığa denk gelmektedir (Çolakoğlu, 2018). Bunların parçalanmak şartıyla tarlada bırakılması arzu edilir. Aksi takdirde sonraki ürünün ekimine engel teşkil eder. Bu artıkların bazı bölgelerde buğday anızı gibi yakıldığı görülmektedir. Halbuki bu artıklar değerli bir enerji kaynağıdır. Bu artıkların % 65'inin toplanıp katı yakıt olarak değerlendirilmesi suretiyle yıllık yaklaşık 2 milyon ton civarında katı yakıt pelet ya da briket elde etmek mümkündür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada materyal olarak, ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan mısır bitkisinin hasattan sonra artı kalan ve herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen mısır sapı kullanılmıştır. Ayrıca materyal olarak helezon briket makinesi, sap öğütücüler, kurutma fırını, çekiçli değirmen ve fiziksel test araçları kullanılmıştır.

Tarımsal artıkların briketlenmesinde helezon tip briketleme makinesi kullanılmıştır. Kullanılan briket makinesi, kalıp ısıtılmalı 6 gen kalıplı briketleme makinası olup makina hareketini 24 kW gücünde trifaze bir elektrik motorundan almaktadır. Briket makinasının kalıp kısmının ısıtılması amacıyla termostat kontrollü 2.2 kW gücünde plakalı tip ısıtıcılar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan mısır sapları, hasattan sonra Enstitümüz biyokütle ünitesine getirilmiştir. Briketleme işlemi yapılacak ürünler üç farklı ebatla hazırlanmıştır. Bu ebatlar aşağıda verilmiştir.

- Kalın öğütülmüş (6 mm)
- Orta incelikte öğütülmüş (4 mm)
- İnce öğütülmüş (2 mm)

Mısır sapları, çekiçli değirmen ve öğütücüden geçirilerek yukarıda belirtilen boyutlara getirilmiştir. Daha sonra parçalanmış materyallerin nem oranı % 10'dan aşağıya düşürülünceye kadar (% 7 ile 8) biyokütle ünitesindeki mevcut kurutma fırınında kurutulmuştur.

Briketleme işlemi, helezon tip briket makinesinde, kalıp

sıcaklığı 225, 250, 275 ve 300 °C olmak üzere 4 farklı sıcaklıkta yapılmıştır. Materyal önce her biri 60 kg olacak şekilde 3 parçaya ayrılmış olup, çekiçli değirmende 2, 4 ve 6 mm lik eleklerden geçirilerek parçalanmış, daha sonra her materyal 15 er kg olacak şekilde bölünerek 4 farklı sıcaklıkta briketleme işlemine tabi tutulmuştur.

Elde edilen briketlerde Isıl değer, Nem, Kül, Briket yoğunluğu, Kırılma Direnci (Shatter), Dayanıklılık Direnci (Tumbler), Briketlerin deformasyon kuvveti direnci. Su alma direnci. Eşdeğer nem içeriği ve Baca gazı emisyon değerleri (O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x, NO₂, SO₂) analizleri yapılmıştır

Çizelge 1. Mısır sapından elde edilen briketlerde incelenen fiziksel karakterler

Faktörler	İncelenen parametreler			
	Briketlerin Nemi (%)	Üst ısıl değer (kcal/kg)	Kül (%)	Eşdeğer Nem (% de artış)
Parça boyu (A)				
2 mm	4:7.33-A	4:4318-A	6:6.63-A	2:0.54-A
4 mm	6:6.90-B	2:4312-B	4:6.40-A	6:0.49-B
6 mm	2:6.32-C	6:4288-C	2:5.94-B	4:0.43-C
Önemlilik	**	**	**	**
Sıcaklık(B)				
225 °C	225:8.80-A	275:4329-A	250:6.74-A	275:0.77-A
250 °C	300:6.90-B	300:4309-B	225:6.35-AB	300:0.49-B
275 °C	250:6.43-C	225:4308-B	300:6.21-B	250:0.45-B
300 °C	275:5.27-D	250:4278-C	275:6.00-B	225:0.24-C
Önemlilik	**	**	*	**
AxB interaksiyonu				
	4-225:9.91-A	4-275:4339-A	4-250:7.23	2-275:1.11-A
	2-225:8.40-B	4-225:4336-A	6-250:6.78	4-275:0.76-B
	6-225:8.10-C	6-275:4334-A	6-275:6.62	2-300:0.63-C
	4-300:7.70-D	2-225:4333-A	6-300:6.60	6-250:0.53-D
	4-250:7.40-E	4-300:4330-A	6-225:6.53	6-300:0.52-D
	6-250:7.29-F	2-275:4312-B	2-225:6.33	6-225:0.46-DE
	6-300:6.70-G	2-300:4304-BC	2-250:6.21	6-275:0.45-DE
	2-300:6.29-H	2-250:4299-C	4-225:6.20	4-250:0.42-EF
	2-275:6.00-I	6-300:4294-C	4-300:6.17	2-250:0.39-EF
	6-275:5.51-J	4-250:4269-D	4-275:6.01	4-300:0.33-F
	2-250:4.60-K	6-250:4267-DE	2-300:5.85	4-225:0.22-G
	4-275:4.30-L	6-225:4256-E	2-275:5.37	2-225:0.05-H
Önemlilik	**	**	ÖD	**
DK (%)	0.67	0.18	7.75	11.22

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mısır hasat edildikten sonra, elde edilen ürünün yaklaşık yarısı tarlada artık olarak kalmaktadır. Bu artıklar toprağa karıştırılarak toprağın organik maddesinin yükselmesine yardımcı olur. Toprak için en iyisi de budur. Ancak bazı bölgelerde bu artıklar toprağa karıştırılmayarak

yakılmakta ve topraklar için büyük kayıplar olmaktadır. Rastgele yakılan bu artıklar toplanıp biyoyakıt olarak pelet ya da briket yapılırsa iyi bir enerji kaynağı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada mısır sapı artıkları briketlenmek suretiyle değerlendirilmişlerdir. Elde edilen briketlerde incelenen kriterler ve yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2. Mısır sapından elde edilen briketlerde incelenen fiziksel karakterler

Faktörler	İncelenen parametreler			
	Dayanıklılık direnci-Tumbler (%)	Kırılma direnci-Shatter (%)	Sıkışma direnci (Newton/m ²)	Briket Yoğ. (Kg/m ³)
Parça boyu (A)				
2 mm	05:33.5	05:37.0	4:15616-A	6:995-A
4 mm	03:33.1	07:36.6	6:14330-B	4:995-A
6 mm	07:31.8	03:26.4	2:11694-C	2:927-B
Önemlilik	ÖD	ÖD	**	**
Sıcaklık(B)				
225 °C	250:96.26-A	225:98.40	225:15764-A	225:1026-A
250 °C.	225:95.26-A	250:98.32	250:15391-A	300:964-B
275 °C.	300:90.63-B	300:89.33	275:13979-B	250:960-B
300°C	275:89.07-B	275:87.28	300:10386-C	275:939-B
Önemlilik	**	ÖD	**	**
AxB interaksiyonu				
	6-250:97.07-A	4-225:99.63	4-225:18527-A	4-225:1089-A
	6-225:96.63-A	6-250:99.60	6-225:17617-AB	2-250:1068-AB
	4-250:96.37-A	4-300:99.33	4-250:16532-AB	4-275:1059-AC
	4-225:95.80-A	6-225:99.03	4-275:15897-BC	4-300:1023-BD
	2-275:95.67-A	4-250:98.50	6-250:15572-BD	6-225:1007-BD
	4-300:95.40-A	6-300:97.87	2-250:14069-CE	6-250:1003-CD
	2-250:95.33-A	2-250:96.87	6-275:13478-DF	6-275:994-D
	2-225:93.33-A	2-225:96.53	2-275:12560-EG	2-225:984-D
	6-300:88.30-B	4-275:90.43	4-300:11508-FG	6-300:976-D
	2-300:88.20-B	6-275:90.03	2-225:11148-FH	2-300:894-E
	4-275:86.27-B	2-275:81.37	6-300:10653-GH	4-250:808-F
	6-275:85.27-B	2-300:70.80	2-300:8998-H	2-275:763-F
Önemlilik	**	ÖD	*	**
DK (%)	2.99	13.72	10.35	3.77

Üst ısıl değer

Mısır sapından elde edilen briketlerin üst ısıl değeri, parça boyutu ve kalıp sıcaklığından önemli derecede etkilenmişlerdir. Denemede elde edilen ısıl değerlere ait veriler çizelge 1'de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi, parça boyutunun küçülmesiyle ısıl değer yükselmiş, kalıp sıcaklığının yüksek olması yine ısıl değer yükselmiştir. En yüksek ısıl değer 275 derecelik kalıp sıcaklığından 4329 kcal/kg ile en düşük ısıl değer de 250 derece kalıp sıcaklığından 4278 kcal/kg ile elde edilmiştir. Elde edilen ısıl değer TSEN-ISO-17225-7 (çizelge:4) standardının A sınıfı ürünlerinin üzerinde olduğu ve ısıl değer yönünden iyi bir yakıt olabileceğini göstermektedir. Kalıp sıcaklığı x parça boyutu interaksiyonu da önemli bulunmuş ve en yüksek ısıl değer, 4 mm parça ve 275 derece kalıp sıcaklığından ölçülmüştür.

Briket nemi

Denemede elde edilen briket nemine ait veriler çizelge 1'de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi genel olarak briketlerin nemi % 10 un altında bulunmuştur. Parça boyutu büyüdükçe nem oranı düşük olurken orta kalıp sıcaklığından da düşük nemde ürünler elde edilmiştir. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde de en düşük nem değerlerinin üç parça boyunda da 275 derece civarında elde edildiği görülmektedir. Elde edilen briketlerin neminin düşük olması, briketlerin muhafazası ve kaliteli yakıt için önemlidir. Briket nem değerleri, TSEN-ISO-17225-7 standardının A sınıfı ürünlerinin altında olduğu ve briket nemi yönünden kabul edilebilir iyi bir yakıt olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 3. Mısır sapından elde edilen briketlerde incelenen su alma indeksi ve baca gazı emisyon değerleri (*)

Faktörler	İncelenen parametreler					
	(%) Su alma- 60 sn.de	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO (%)	NOx (ppm)
Parça boyu (A)						
2 mm	2:28.28-A	6:18.88-A	2:2.64-A	2:1800-A	4:66.25-A	4:69.67-A
4 mm	6:17.74-B	4:18.38-B	4:2.51-B	4:1445-B	2:60.25-B	2:63.25-B
6 mm	4:14.01-C	2:18.24-C	6:2.00-C	6:1419-C	6:53.33-C	6:56.08-C
Önemlilik	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık(B)						
225 °C	300:33.93-A	250:19.40-A	300:3.34-A	225:1986-A	300:81.56-A	300:85.67-A
250 °C	225:19.79-B	225:18.77-B	275:2.57-B	275:1507-B	275:66.67-B	275:70.00-B
275 °C	275:14.66-C	275:18.30-C	225:2.11-C	300:1396-C	225:55.22-C	225:58.11-C
300 °C	250:11.67-C	300:17.52-D	250:1.51-D	250:1329-D	250:36.33-D	250:38.22-D
Önemlilik	**	**	**	**	**	**
AxB interaksiyonu	2-300:58.47-A	2-250:19.50-A	2-300:4.03-A	2-225:2918-A	4-300:108.33-A	4-300:114.00-A
	2-225:29.53-B	6-250:19.40-AB	4-300:3.90-B	6-275:1976-B	2-300:84.33-B	2-300:88.33-B
	6-300:23.90-BC	6-225:19.30-B	6-275:2.80-C	2-300:1831-C	6-275:79.00-C	6-275:83.00-C
	6-275:19.77-CD	4-250:19.30-B	2-225:2.73-C	4-225:1706-D	4-275:62.33-D	2-225:65.33-D
	4-300:19.43-CD	4-225:18.87-C	4-275:2.50-D	4-275:1527-E	2-225:62.00-D	4-275:65.33-D
	6-225:15.73-DE	6-300:18.80-C	2-275:2.40-D	2-250:1431-F	2-275:58.67-E	2-275:61.67-E
	2-275:15.67-DE	2-275:18.50-D	6-300:2.10-E	6-225:1335-G	4-225:54.33-F	4-225:57.33-F
	4-225:14.10-DF	4-275:18.40-D	4-225:2.00-E	6-250:1321-G	6-300:52.00-F	6-300:54.67-G
	4-250:13.97-DF	2-225:18.13-E	4-250:1.63-F	4-300:1312-G	6-225:49.33-G	6-225:51.67-H
	6-250:11.57-EF	6-275:18.00-F	6-225:1.60-FG	4-250:1234-H	4-250:40.00-H	4-250:42.00-I
	2-250:9.47-F	4-300:16.93-G	6-250:1.50-GH	6-300:1045-I	2-250:36.00-I	2-250:37.67-J
	4-275:8.53-F	2-300:16.83-G	2-250:1.40-H	2-275:1018-I	6-250:33.00-J	6-250:35.00-K
Önemlilik	**	**	**	**	**	**
DK (%)	17.5	0.38	3.19	1.67	2.53	2.41

(*) SO₂ değeri 0 olarak ölçülmüştür.**Kül içeriği**

Mısır sapından elde edilen briketlerin kül oranları çizelge 1' de görülmektedir. Kül içeriği % 7 nin altında gerçekleşmiştir. Ürünlerin kül içeriği, parçacık boyutuna ve kalıp sıcaklığına göre değişmekle birlikte, genel olarak % 6 civarında bulunmuştur. Parça boyu büyüdükçe kül oranı da yükselmiştir. Genel olarak tarla bitkilerinin kül oranları, ağaç türünden yapılan ürünlerin kül oranından yüksektir. Ancak elde edilen briketlerin kül oranı, TSEN-ISO-17225-7 standardının B sınıfı ürünlerine uygun olduğu görülmektedir(çizelge:4).

Eşdeğer nem içeriği

Briketin üretildiği andaki ve 21 gün sonraki ağırlığındaki artışın göstergesidir. Depolama sırasında açıkta kalan briketler, havanın neminden de etkilenebilir ve bünyelerine nem çekerler. Havadan alınan nemin düşük olması, briketin uzun süreli muhafazası için önemli bir kriterdir. Denemede elde edilen briketlerin eş değer nem içeriklerine ait veriler çizelge 1'de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi Eşdeğer nem içeriğinin düşük olması, mısır sapından elde edilen briketlerin iyi

bir yakıt olabileceğini göstermektedir. Bunun için parçacık boyutunun küçük ve kalıp sıcaklığının da düşük sıcaklıkta (225-250°C civarında) olması gerektiği görülmektedir.

Briket dayanıklılık direnci (Tumbler)

Briketlerin nakliye sırasında dayanıklılığının ölçülerinden birisidir. Özel cihazlarla yapılan bu testten % 95 üzeri elde edilen sonuçlar, kaliteli ürünün göstergesidir. Denemede elde edilen briketlerin dayanıklılık direncine ait veriler çizelge 2'de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi genel olarak mısır sapından elde edilen briketlerin dayanıklılık dirençleri, yüksek olmakla birlikte, standartlarda istenen değerlerden düşük bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, parça boyutunun dayanıklılık direncine etkisi önemsiz, kalıp sıcaklığının etkisi de önemli bulunmuştur. Mısır sapından elde edilen briketlerin dayanıklılık direncinin yüksek olması için 225-250 derece civarında kalıp sıcaklığının yeterli olduğu görülmektedir. Parça boyu - kalıp sıcaklığı interaksiyonu incelendiğinde de büyük parçaların düşük

kalıp sıcaklığında üretildiğinde, standartlara uygun (% 95 ve üzeri) briketler elde edildiği görülmektedir (çizelge 2).

Briket kırılma direnci (Shatter)

Briketlerin nakliye ve depolanması sırasında dökülmelerden kaynaklanan sağlamlık ölçülerinden birisidir. Bunda da % 95 ve üzeri değerlerin elde edilmesi arzu edilir. Elde edilen veriler incelendiğinde, mısır sapından elde edilen briketlere parça boyutunun, kalıp sıcaklığının ve interaksyonun önemsiz olduğu bulunmuştur. Ancak parça boyunun 2 mm olduğu konulardan elde edilen briketlerin kırılma direnç, % 95 in altında bulunmuştur. Yine kalıp sıcaklığının 275 ve 300 derece olduğu konulardan elde edilen briketlerin de kırılma direnci % 95 in altında bulunmuştur. Her ne kadar istatistiki açıdan önemsiz olsa da, standartlara uygun bir ürün elde edilebilmesi için parça boyunun büyük (4-6 mm) ve kalıp sıcaklığının da düşük (225-250 derece arasında) olması gerekmektedir. Denemeden elde edilen kırılma direncine ait veriler çizelge 2' de verilmiştir.

Deformasyon (Sıkışma) direnci

Briketlerde incelenen bu özellik briketlerin fiziksel darbelere karşı dayanıklılık ve sağlamlığının ölçüsüdür. Özellikle depolama sırasında ürünlerin üstüste konulması ile ortaya çıkan kayıpların az olması arzu edilir. Denemede elde edilen briket sıkışma direncine ait veriler çizelge 2' de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi genel olarak mısır sapından elde edilen briketlerin sıkışma dirençleri, 18,500 ile 9000 N/m² arasında gayet yüksek değerlerde bulunmuştur. Bu değerler, mısır sapından sıkışma direnci yüksek briketler elde edildiğini göstermektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi, orta parça

boyutlu ve düşük kalıp sıcaklığı ile sıkışma direnci yüksek ürünler elde edilmiştir.

Briket yoğunluğu

Briket yoğunluğu, briketin kalitesini belirleyen bir fiziksel karakterdir ve yüksek olması arzu edilir. Mısır sapının hammadde yoğunluğu 173 Kg/m³ olduğu düşünüldüğünde, briketlemeyle biyokütlenin hacminin ne kadar azaltıldığı görülebilir. Denemede elde edilen briket yoğunluğuna ait veriler çizelge 2' de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi genel olarak orta parça boyutlu briketlerinin daha yüksek yoğunlukta olduğu görülmektedir. Kalıp sıcaklığı yönünden ise, düşük ve orta kalıp sıcaklığından daha yüksek değerli briketler elde edildiği, interaksyon değerlerinde ise orta parça boyutunda ve düşük sıcaklıkların uygun olduğu görülmüştür. Elde edilen briketlerin yoğunluğu, TSEN-ISO-17225-7 standardının A sınıfı ürünlerinin üzerinde olduğu ve briket yoğunluğu yönünden iyi bir yakıt olabileceğini göstermektedir. Karaca ve Başçetinçelik, yarfıstığını helezon tip briket makinesinde briketleyerek fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Briketlemeden önce hammadde nemi: 9.21, briket nemi: 6.43, olarak ölçülmüştür. Hammadde yoğunluğu: 181.45, briket yoğunluğu da 1573.58 kg/m³, sıkışma direnci, 4555 N/m², üst ısıl değeri, 19.57 Mj/kg (4682 kcal/kg). olarak belirlenmiştir. Yarfıstığı kabuğu briketi ve odunun baca gazı emisyonları kıyaslandığında CO, CO₂ ve SO₂ emisyonlarının odunun yanması sonucu oluşan emisyonlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Fakat NO_x emisyonu odununkinden yüksek çıkmıştır (Karaca ve Başçetinçelik, 2011). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, bizim bulduğumuz sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Çizelge: 4 Ögütülmüş odunsu olmayan-bitkilerden elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri- TS EN-ISO-17225-7 standardı-(Ocak-2015).

SINIFI	KAYNAK		BİTKİSEL BİYOKÜTLE	
	A	B	A	B
Nem (%)	12≤12	15≤15		
Kül (%)	6≤6	10≤10		
Mekanik dayanıklılık (%) Tumbler	95≥95	95≥95		
Parçacık dağılımı (%)	2≤2	5≤5		
Bileşenler-Katkılar (%)	≤5	≤5		
Briket yoğunluğu (Kg/m ³)	900≤900	600≤600		
Isıl değer (MJ/kg)	14.5 ≥ 14.5	14.5≥ 14.5		
Isıl değer (Kcal/kg)	3463≥3463	3463≥3463		

Briketin su alma direnci (%)

Hangi malzemeden yapılırsa yapılsın, briketlerin muhafazası çok önemlidir. Depolanması sırasında ve diğer aşamalarında briketler, suyla kesinlikle temas

etmemelidirler. Şayet bu şartlar sağlanamayıp briketler suyla temas ederlerse, suya karşı dirençlerinin göstergesi olarak briket üretildikten yaklaşık bir hafta-10 gün sonra su alma testine tabi tutulurlar. Buradaki kıstas, 60 saniye

boyunca suda bekletmek şeklinde olmaktadır. Kalite kriteri olarak 60 saniye sonunda, briketin su alma direncinin % 50'nin altında olması beklenir. Denemede elde edilen briketlerin su alma dirençlerine ait veriler çizelge 3'de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi genel olarak, orta-büyük boy (4-6 mm) parçalı materyalden ve orta kalıp sıcaklığında (250 derece) elde edilen ürünlerin suya karşı daha dayanıklı oldukları görülmüştür. İnteraksiyon tablosu incelendiğinde de 6-4 mm boyutlu ve 250-275 kalıp sıcaklığındaki ürünlerden su alma direnci yüksek ürünler elde edildiği görülmektedir.

Baca gazı emisyon değerleri

Mısır sapından elde edilen briketler, baca gazı emizyon değerlerinin belirlenmesi amacıyla briket sobasında yakılarak çevreye salmış oldukları gaz miktarları (O_2 , CO , CO_2 , SO_2 , NO_x , NO_2) tespit edilmiştir. Belirlenen baca gazı miktarlarının, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğindeki kabul edilebilir sınırların altında oldukları görülmektedir, hatta SO_2 miktarının birçok konularda hiç olmadığı görülmüştür(çizelge:3). Karaca ve Başçetinçelik (2014), defne yaprağı briketi ve odunun baca gazı emisyonları kıyaslandığında CO , CO_2 , SO_2 ve NO_x emisyonlarının odunun yanması sonucu oluşan emisyonlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü (IKHKKY) biyokütle ve odun yakıtı için verilen emisyon sınırları ile kıyaslandığında çalışmada kullanılan atıkların bu sınırların çok altında kaldığı belirtmişlerdir. Yapılan bir çalışmada, yüksek rutubet içeriğinde, düşük kalorifik değere sahip olan kümes atıklarının, yakılabilir kuruluğa getirildiğinde kalorifik değerinin yükseldiği, enerji değeri yüksek biyoyakıt kaynakları ile bir araya getirildiğinde, yanma özellikleri ve emisyon değerlerinde iyileşme sağlandığı tespit edilmiştir. Yakıt özellikleri iyileştirildiğinde, kümes atıkları üretildikleri kümeste yakıt olarak kullanılmak üzere katma değer eklenmiş yenilenebilir enerji kaynağı haline getirilebilir. Diğer yandan, kümes atıklarının yakılmasıyla ortaya çıkan yanma gazı emisyonları yönetmelik sınır değerlerini sağlamaktadır. Kül emisyonlarında ise toprak metalleri ve fosfor oranı yüksektir ve çevresel açıdan risk taşımamaktadır. Külün içerdiği yüksek oranlı fosfor geri kazanıldığında gübre ham maddesi olarak da değerlendirilebilir. Çalışmada kullanılan mısır sapının üst ısı değerinin 4287 kcal/kg, nem miktarı 11.62, kül: %7.16, baca gazları, O_2 :18.37, CO_2 :2.53, CO : 1172, NO :126, NO_x : 137 ve SO_2 de 5.10 olarak tespit edilmiştir(Er ve Özdemir, 2018). Bu çalışmada elde edilen verilerle bizim almış olduğumuz verilerin paralellik gösterdikleri görülmektedir.

Tarımsal atıkların değerlendirilmesi enerji açığının giderilmesine fayda sağlarken, ekonomik büyümeye de katkı sağlayacaktır. Atıkların değerlendirilmesinin çevre koşullarına sağladığı yarar da göz önüne alınırsa, konunun çok kapsamlı olarak değer taşıdığı anlaşılabilecektir. Bu nedenle yenilenebilir enerji için tarım ürünü üretmek yerine, gıda için üretilen ürünlerden arta kalan atıkların enerjiye dönüştürülmesi ekonomik ve çevresel açıdan olumlu bir davranış olacaktır. Tarımsal atıkların geleneksel kullanım yöntemlerinin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması, Türkiye ekonomisi açısından son derece önemlidir (Çolakoğlu, 2018).

Bu çalışma sonucunda tarımsal artıklardan birisi olan mısır sapının biyoyakıt olarak briketlenebileceği ve yakıt özelliklerine uygun özelliklerde bir ürün olabileceği belirlenmiştir. Yapılan fiziki testler ve analizler sonucunda mısır sapından elde edilen briketlerin TS EN-ISO-17225-7 standardında belirtilen B sınıfı ürünlerinden daha kaliteli, A sınıfına eşdeğer ürünler olduğu görülmüştür. Uygun kalıp sıcaklığı ve parça boyutu kullanıldığı taktirde bu çalışmada olduğu gibi, diğer tarım ürünleri artıklarından da kaliteli ve standartlara uygun ürünler elde etmek mümkün olabilecektir. Dolayısıyla tarımsal artıklardan elde edilen ürünler, odunun kullanıldığı her yerde ikame ürün olarak yerini alabileceklerdir. Böylece hem çevre kirliliğinin önüne geçilmiş, hem atıl durumdaki tarımsal artıklarımız kaliteli bir ürüne dönüşerek ekonomik olarak değerlendirilmiş, hem de yeni ve yenilenebilir bir yakıt türüne kavuşmuş olunacaktır. Bu çalışmada kullanılan mısır sapı artığı küçümsenecek bir miktar değildir. Çalışmada belirtilen miktarın yarısı bile değerlendirilebilse, ithal ettiğimiz linyit kömürünün en az onda biri oranında azalma sözü konusu olacaktır. Ayrıca bu ürünler katı yakıt olarak kömürün kullanıldığı her türlü ortamda kullanılabilirler. Dolayısıyla kömür ithalatının azalmasına katkıda bulunulmuş olur. Ülkemizde her yıl ısınma amaçlı yaklaşık 7.000.000 ton linyit kömür ithal edilmektedir(Dok ve ark, 2018). Ülkemizin değişik bölgelerinde "artık" olarak bilinen her türlü tarımsal artık ve meyve budama artıklarının pelet ve briket halinde değerlendirilmesi durumunda, kömür ithalatının belirli bir kısmını karşılamak mümkün olacaktır. Böylece yeterli tesis ve işletmeler kurulduğu takdirde, ülkemizin tarımsal artıkları değerlendirilmiş olacak, yeni bir istihdam kapısı açılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmış, yerli ve milli olan kaynaklarımız değerlendirilmiş olacaktır. Köylerden büyük kentlere olan göç olayı da planlı bir organizasyon yapıldığı takdirde son bulacak ve köylü köyünde şehir konforunu yaşayacaktır.

ÖZET

Amaç: Geniş tarım alanlarına sahip Türkiye için biyokütle enerjisi çok önemlidir. Türkiye’de tarım alanlarından her yıl yaklaşık 55-60 milyon ton biyokütle artıkları üretilmektedir.

Yöntemler ve Sonuçlar: Bu çalışmada kurutulmuş ve öğütülmüş mısır sapı, katı yakıt olarak kullanılmak üzere briket haline getirilmiş ve briket kalitesine ilişkin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Briketler, 24 kW elektrik motor gücüne sahip helezon vidalı briketleme makinesinde üretilmiştir. Çalışmada kullanılan öğütülmüş mısır sapı, nem içeriği % 10 un altında olacak şekilde kurutulmuştur. Briketleme aşamasında 4 farklı kalıp sıcaklığı ve 3 farklı parçacık boyutu çalışılmıştır. Briketler, 55 mm kalınlığında, merkezi delik çapı 12-15 mm olan altıgen briketler olarak üretilmiştir. Fiziksel testlerden önce, briketlerin stabilize olmalarını sağlamak için 7 gün boyunca, 20 ° C sıcaklık ortamında bekletilmiştir. Briketlerin, briket yoğunluğu, dayanıklılık direnci, kırılma direnci, sıkışma direnci, ısı değer, nem, kül içerikleri, baca gazı emisyon değerleri ve briketlerin su dayanımı özellikleri belirlenmiştir.

Genel Yorum: Yapılan testler sonucunda, üretilen briketlerde, kalıp sıcaklığının etkisi kırılma direnci üzerinde önemsiz, parçacık boyutunun etkisi de dayanıklılık ve kırılma dirençlerinde önemsiz olduğu görülmüştür. Kalıp sıcaklığı ve parçacık boyutunun incelenen diğer karakterler üzerinde önemli derecede etkili oldukları belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Tarımsal kalıntıların değerlendirilmesi, ekonomik büyümeye katkıda bulunurken enerji açığının ortadan kaldırılmasına katkıda bulunacaktır. Çevresel koşullar için kalıntıların değerlendirilmesinin faydalarını dikkate alarak, konunun çok kapsamlı olduğu anlaşılacaktır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji için tarım ürünleri üretmek yerine, gıda ürünleri dışındaki kalıntıların enerjiye dönüştürülmesi ekonomik ve çevresel olumlu bir davranış olacaktır. enerjiye dönüştürülmesi ekonomik ve çevresel açıdan olumlu bir davranış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji biyokütle mısır sapı katı yakıt briket.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu M (2013) “Alternatif Enerji Kaynakları”, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Anna B, Roubík H, Brožek M, Herák D, Šleger V, Mazancová J (2019) Potential of Tropical Fruit Waste Biomass for Production of Bio-Briquette Fuel: Using Indonesia as an Example. <https://www.researchgate.net/publication> Erişim: 19.07.2019
- Anonymous 2019. http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30187&tipi=17&sube=0 Erişim:17,07,2019
- Boztepe E, Karaca A (2009) Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar. Enerji Kongresi. 21-23 Ekim.2009. İzmir.
- Brunerová A, Roubík H, Brožek M, Velebil J (2018) Agricultural residues in Indonesia and Vietnam and their potential for direct combustion: with a focus on fruit processing and plantation crops. Agronomy Research, <https://doi.org/10.15159/AR.18.113>.
- Çolakoğlu B (2018) Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ-2018.
- Costa SC, Barcelos R, Magnago RF (2019) Solid Biofuel From Glycerol And Agricultural Waste As A Source Of Energy. [http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8\(2017\)/p.765-774.pdf](http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8(2017)/p.765-774.pdf). Erişim:15,07,2019.
- Demirbaş A (2001) Biomass resource facilities and biomass conversion processing or fuels and chemicals, Energy Conversion and Management, Turkey, 1357-1378.
- Dok M, Acar M, Çelik AE, Atagün G, Akbaş U (2018) Şeftali Budama Artıklarından Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Yararlanma İmkânlarının Araştırılması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 14 (3): 193-198.
- Er A, Özdemir S (2018) Tavuk gübresi ve tarımsal atıkların biyoyakıt karakterlerinin incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2): 489-494.
- Karaca C, Başçetinçelik A (2011) Yerfıstığı Kabuğunun Briketleme Özelliklerinin Ve Yanma Emisyonlarının Belirlenmesi. VI. Yeni Ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ekim 2011, KAYSERİ, Yayın No: E/2011/565.
- Karaca C, Başçetinçelik A (2014) Defne Yaprağının Briketleme Ve Yanma Özellikleri. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun.

- Komlajeva Ļ, Adamovičs A, Poiša L (2019) Comparison Of Different Energy Crops For Solid Fuel Production In Latvia. Latvia University of Agriculture. Lubasha_k@inbox.lv; Aleksandrs.Adamovics@llu.lv; lienapoisa@inbox.Eriřim:18.07.2019.
- Nazari MM, Wan Othman WNA, Yusuff KM (2019) Banana Residue as Biomass Briquette: An Alternative of Fuel Energy. The 7th International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry in Regional and Global Context, ICSAFEI2015 erişim:18.07.2019.
- Maninder R, Kathuria S, Grover S (2012) Using Agricultural Residues as a Biomass Briquetting: An Alternative Source of Energy. IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSRJEEE), ISSN: 2278-1676 Volume 1, Issue 5 (July-Aug. 2012), PP 11-15.
- Saraçoğlu N (2010) Küresel İklim Değişimi, Biyoenerji ve Enerji Ormancılığı. Ankara: Efil Yayınevi.
- Sarakikya H, Kirobo A (2018) Opportunities for Different Agricultural and Forest Wastes as Sources of Energy in Tanzania: An overview. International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), ISSN 2278 – 0882. Volume 7, Issue 2, February 2018.
- Thulu FGD, Kachaje O, Mlowa T (2016) A Study of Combustion Characteristics of Fuel Briquettes from a Blend of Banana Peelings and Saw Dust in Malawi. International Journal of Thesis Projects and Dissertations, 4 (3): 135-158.



Effects of different drying conditions on physical changes of apple (*Malus communis* L.)

Elmaların (*Malus communis* L.) bazı fiziksel değişimlerine farklı kurutma koşullarının etkisi

Necati ÇETİN¹ , Cevdet SAĞLAM¹ , Bünyamin DEMİR² 

¹Erciyes University, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, 38039, Kayseri, TURKEY.

²Mersin University, Department of Mechanical and Metal Technologies, Vocational School of Technical Sciences, 33343, Mersin, TURKEY.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Apple, cabin type dryer, size, color.

✉ Corresponding author: Necati ÇETİN

✉: necatichetin@erciyes.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The aim of this study was to investigate some physical changes of apple dried in cabin type dryer and to determine optimum drying conditions.

Methods and Results: The volume, diameter, area, width, and thickness properties of fresh fruits and dried fruits were measured using a digital caliper as three replications. Color of products was measured according to CIE-L*, a*, and b* color space, and was calculated color index (CI), hue angle (h*), and chroma (C*) values. According to the findings, optimum drying condition was achieved in cabinet type dryer with the drying parameters of 7 mm 10 hours 50°C and 7 mm 10 hours 60°C. In addition, the highest chroma values after drying were obtained with the drying parameters of 5 mm 9 hours 50°C.

Conclusions: In the study, a positive correlation ($p=0.99$) was found between initial L* and initial area, initial chroma and initial b*, final a* and final b*.

Significance and Impact of the Study: Drying is the mass transfer process consisting of the removal of water from the product in order to extend the storage period of the agricultural product and to create a new product market. Drying stages of agricultural products consist of a warming phase, drying stage with constant speed and drying stage with decreasing speed. Due to the loss of moisture during the drying process, some physical changes occur in the products. The optimum drying duration, drying temperature and product thickness should be determined in order to achieve the desired moisture level of the dried product in different drying conditions.

Atf / Citation: Çetin N, Sağlam C, Demir B (2019) Effects of Different Drying Conditions on Physical Changes of Apple (*Malus communis* L.). *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :71-77

INTRODUCTION

Apple with an old and deep-rooted is the second most widely cultivated fruit after banana. With an adaptation capacity to various ecologies, apple is grown over large geographical areas (Baytekin and Akca, 2011). World annual production has about 76.5 million tons of apple. Turkey with an annual production of 2.9 million tons has

third place in world apple production after China and the USA (FAO 2012).

Drying is the process of decreasing the moisture in its structure in order to extend the storage periods of agricultural products (Aktas et al., 2013). In terms of the nutritional value of the product as well as energy saving of drying method, different types of drying methods are investigated (Gungor and Ozbalta, 1997; Kartal Kangaloglu, 2011).

Convective drying is one of the most commonly used methods. Circulating the air over the product by heating the removal of water. In this way, the drying time is shortened compared to the open sun drying process, the product is better in terms of quality and hygiene. In addition, process control is easy and investment and operating costs are low (Mundada et al., 2010; Leonid et al., 2006; Bondaruk et al., 2007; Orikasa et al., 2008; Hiranvarachat et al., 2011).

Due to the loss of moisture during the drying, some physical changes occur in the products. Optimization of drying duration and temperature contributes to improving product quality. In this study, some physical changes of dried apple and optimum drying conditions were determined in cabin type dryer.

MATERIAL and METHODS

“Red Chief” apple variety constituted the plant material of this study. Apples were obtained from an apple orchard in Kayseri province of Turkey. Dimensions were measured with a digital caliper (± 0.01 mm) and 30 fruits were used for each dimensional measurement. The mass of each fruit was measured using a digital balance (± 0.001 g). Apples were cut cylindrical in different sizes with product slicer machine. Periodically the volume, area, diameter, width, and thickness properties were measured. The tests were conducted with 3 replications in complete factorial experimental design.

Color measurements were performed with a chromameter (CR-400; Konica Minolta, Japan). Drying was carried out in a single unit drying cabinet (ETHK-20M drying cabinet) with a capacity of 1500 kg. The moisture content (wet basis) obtained from the drying experiments was calculated by the following equation. (Yagcioglu, 1999).

$$MR(w.b., \%) = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

where;

MR: moisture ratio (w.b.%),
 W_w : Wet mass of product (g),
 W_d : dry mass of product (g).

Color measured CIE- L^* , a^* , and b^* values were used to calculate color index (CI), hue angle (h^*), and chroma (C^*) values (McGuire, 1992):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$h^* = \tan^{-1}(b^* / a^*), \quad (\text{if } a^* > 0 \text{ and } b^* \geq 0) \quad \text{Eq. (3)}$$

$$h^* = 180 + \tan^{-1}(b^* / a^*), \quad (\text{if } a^* < 0 \text{ and } b^* \geq 0) \quad \text{Eq. (4)}$$

$$h^* = 180 + \tan^{-1}(b^* / a^*), \quad (\text{if } a^* < 0 \text{ and } b^* < 0) \quad \text{Eq. (5)}$$

$$h^* = 360 + \tan^{-1}(b^* / a^*), \quad (\text{if } a^* > 0 \text{ and } b^* < 0) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$CI = \frac{1000 a^*}{L^* b^*} \quad \text{Eq. (7)}$$

The drying process was carried out at two different product thicknesses (5 and 7 mm), two different durations (9 and 10 hours) and two different temperatures (50 and 60°C) with combinations. Area and volume of the product were calculated by the following equations:

$$\text{Area} = 2\pi r(r + h) \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\text{Volume} = \pi r^2 h \quad \text{Eq. (9)}$$

where;

r: radius of the sample (mm),
h: thickness of the sample (mm).

Principal components analysis (PCA) was performed using PAST version 3.20 software (Hammer et al., 2001). Correlations among physical data were determined using Pearson correlations with SPSS version 19.0 software (IBM SPSS® Statistics, 2010).

RESULTS and DISCUSSION

Some drying parameters and physical properties of the product are given in Table 1 and Table 2. The moisture (% w.b.) values were found to be very close to each other. The highest is at 5 mm 9 hours 50°C and the lowest is at 7 mm 10 hours 50°C. The highest outer diameter difference was determined at 7 mm 10 hours 60°C. It was observed that the inner diameter values increased slightly. The most obvious thickness changes occurred at 5 mm 9 hours 50°C and 7 mm 10 hours 50°C. The area and volume values are given in Table 3. The highest volume differences were found at 7 mm 10 hours 50°C. The highest area difference was determined at 7 mm 10 hours 60°C.

Table 1. Some physical parameters before drying

Parameters	Initial Mass (g)	Outer Diameter (mm)	Inner Diameter (mm)	Moisture (% w.b.)
5 mm 9 hours 50°C	10.83	59.68	22.19	88.92
7 mm 10 hours 50°C	19.32	70.85	24.18	84.73
5 mm 9 hours 60°C	12.05	64.95	20.26	85.83
7 mm 10 hours 60°C	14.58	62.69	20.17	86.17

Table 2. Some physical parameters after drying

Parameters	Final Mass (g)	Outer Diameter (mm)	Inner Diameter (mm)	Final Thickness (mm)
5 mm 9 hours 50°C	1.20	51.86	22.80	2.32
7 mm 10 hours 50°C	2.95	61.79	24.73	2.58
5 mm 9 hours 60°C	1.67	55.75	20.50	2.80
7 mm 10 hours 60°C	2.07	52.89	21.25	3.59

Table 3. Area and volume values

Parameters	Initial Area (mm ²)	Final Area (mm ²)	Initial Volume (mm ³)	Final Volume (mm ³)
5 mm 9 hours 50°C	2703.36	1391.21	12045.47	4184.06
7 mm 10 hours 50°C	3994.42	2767.67	24370.60	6494.82
5 mm 9 hours 60°C	3484.39	2265.01	20946.05	5908.11
7 mm 10 hours 60°C	3099.37	1406.17	13828.06	6611.78

Color properties at L*a*b* color space are given in Table 4 and 5. In the study, it was determined that all color values increased except for 7 mm 10 hours 50°C. While L* and b* values decreased and a* value increased

at 7 mm 10 hours 50°C. The highest and lowest L* values after drying were obtained at 7 mm 10 hours 60°C and 7 mm 10 hours 50°C respectively.

Table 4. Color properties before drying

Parameters	L*	a*	b*
5 mm 9 hours 50°C	45.21	-2.63	17.13
7 mm 10 hours 50°C	75.96	-6.76	27.67
5 mm 9 hours 60°C	63.38	-1.60	21.19
7 mm 10 hours 60°C	53.26	-2.37	21.16

Table 5. Color properties after drying

Parameters	L*	a*	b*
5 mm 9 hours 50°C	67,35	0,33	32,54
7 mm 10 hours 50°C	64,32	-0,65	24,05
5 mm 9 hours 60°C	70,87	0,08	30,50
7 mm 10 hours 60°C	72,76	0,28	31,82

Chroma, hue angle and color index values are given in Table 6 and Table 7. Similar to L*, a* and b* values, chroma and hue angle are increased at all drying

parameters except for 7 mm 10 hours 50°C. Color index increased in all drying parameters. The highest chroma values after drying were obtained at 5 mm 9 hours 50°C.

Table 6. Chroma, Hue angle and Color index before drying

Parameters	Chroma	Hue Angle	Color Index
5 mm 9 hours 50°C	17.33	178.58	-3.39
7 mm 10 hours 50°C	28.49	178.67	-3.22
5 mm 9 hours 60°C	21.29	178.54	-2.10
7 mm 10 hours 60°C	21.25	178.50	-1.19

Table 7. Chroma, Hue angle and Color index after drying

Parameters	Chroma	Hue Angle	Color Index
5 mm 9 hours 50°C	32.54	181.56	0.15
7 mm 10 hours 50°C	24.06	178.46	-0.42
5 mm 9 hours 60°C	31.82	181.56	-0.51
7 mm 10 hours 60°C	30.50	181.57	0.04

The statistical correlation between physical properties are given in Table 8. The correlations are marked in bold. A positive correlation (p=0.99) was found between initial L* and initial area, initial chroma, and initial b*, final a* and b*. However, a negative correlation (p=-0.99) was found between the final chroma and the final diameter. The physical properties centroid coordinates shown is in

Figure 1. The scatter plot showed the physical properties centroids with related to their canonical discriminant functions. Final thickness, final volume, and initial diameter have been observed to have a significant effect. In addition, initial L*, initial b* and initial chroma parameters are closely related. Initial color index and final L* were also found to have a significant effect.

Table 8. Correlation matrix for physical properties

Parameters	Initial Mass	Initial Outer Diameter	Initial Inner Diameter	Moisture	Final Mass	Final Outer Diameter	Final Inner Diameter	Final Thickness	Initial Area	Final Area	Initial Volume	Final Volume	Initial L*	Initial a*	Initial b*	Final L*	Final a*	Final b*	Initial Chroma	Initial Hue Angle	Initial Color Index	Final Chroma	Final Hue Angle	Final Color Index
Initial Mass	1																							
Initial Outer Diameter	.88	1																						
Initial Inner Diameter	.63	.58	1																					
Moisture	-.79	-.90	-.17	1																				
Final Mass	.99**	.91	.55	-.87	1																			
Final Outer Diameter	.85	.99**	.69	-.81	.87	1																		
Final Inner Diameter	.98*	.93	.72	-.77	.97*	.92	1																	
Final Thickness	.13	-.07	-.64	-.35	.19	-.23	-.03	1																
Initial Area	.82	.99**	.47	-.93	.87	.96*	.86	-.03	1															
Final Area	.68	.94	.55	-.78	.72	.96*	.77	-.31	.95*	1														
Initial Volume	.68	.94	.45	-.85	.73	.94	.75	-.19	.97*	.99**	1													
Final Volume	.72	.68	-.07	-.92	.79	.55	.64	.69	.70	.47	.56	1												
Initial L*	.81	.99**	.50	-.91	.86	.97*	.86	-.08	.99**	.97*	.98*	.67	1											
Initial a*	-.89	-.79	-.92	.51	-.84	-.84	-.93	.31	-.70	-.67	-.61	-.33	-.71	1										
Initial b*	.95*	.98*	.57	-.91	.98*	.95*	.97*	.06	.95*	.85	.87	.75	.95*	-.83	1									
Final L*	-.50	-.52	-.98*	.09	-.42	-.65	-.61	.78	-.43	-.57	-.46	.21	-.47	.83	-.48	1								
Final a*	-.88	-.96*	-.77	.75	-.88	-.99**	-.95*	.28	-.92	-.92	-.49	-.93	.91	-.94	.73	1								
Final b*	-.90	-.97*	-.77	.76	-.90	-.99**	-.96*	.24	-.92	-.90	-.88	-.52	-.93	.92	-.95*	.72	.99**	1						
Initial Chroma	.96*	.98*	.60	-.89	.97*	.96*	.98*	.03	.95*	.86	.86	.73	.95*	-.85	.99**	-.51	-.95*	-.96*	1					
Initial Hue Angle	.63	.68	.97*	-.28	.57	.79	.74	-.69	.60	.71	.62	-.03	.63	-.90	.63	-.98*	-.85	-.84	.67	1				
Initial Color Index	-.09	-.17	-.82	-.29	-.01	-.34	-.23	.96*	-.09	-.32	-.20	.59	-.14	.53	-.09	.91	.41	.39	-.13	-.82	1			
Final Chroma	-.98*	-.91	-.77	.73	-.96*	-.91	-.99**	.08	-.84	-.76	-.74	-.59	-.84	.96*	-.95*	.66	.95*	.96*	-.96*	-.78	.29	1		
Final Hue Angle	-.91	-.89	-.87	.63	-.88	-.93	-.96*	.30	-.82	-.80	-.75	-.41	-.83	.98*	-.90	.80	.97*	.98*	-.92	-.90	.48	.98*	1	
Final Color Index	-.42	-.79	-.16	.78	-.50	-.77	-.49	.13	-.86	-.91	-.94	-.51	-.87	.30	-.67	.21	.67	.65	-.66	-.37	.04	.46	.48	1

**Correlation is significant at the 0.01 level

*Correlation is significant at the 0.05 level

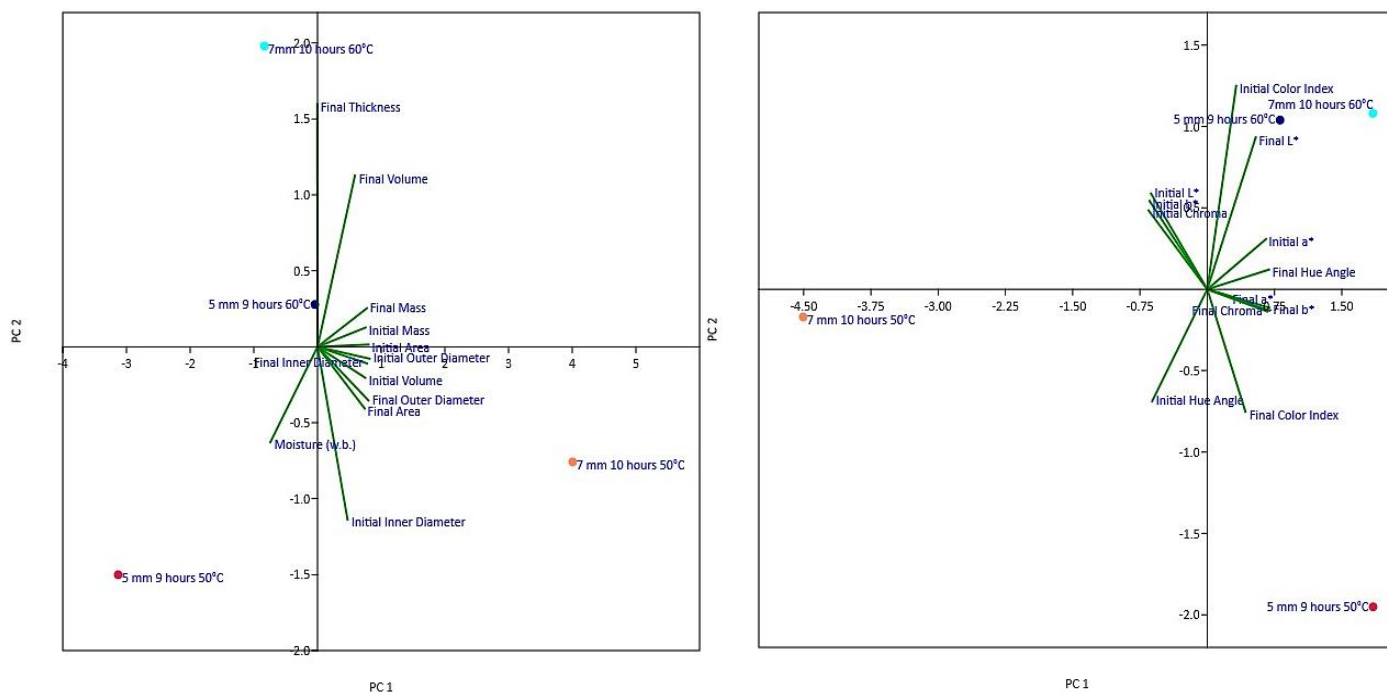


Figure 1. Principal components (PCs) analysis of physical properties

Physical and color properties and the identification key of single components are reported in Tables 9 and Table 10, respectively. A summary of the information contained in the physical and color properties was obtained by principal component analysis. PC1 had high

loadings to almost physical and color properties. The loadings of the first two PCs functions explained 92.7% of the total variance in physical properties. Variance explained by PCs is 94.08% of the sum of the loadings of the first two components in color properties.

Table 9. Identification key of some physical properties and loadings of individual components to the first three factors (PCs) extracted by means of principal component analysis

Parameters	PC 1	PC 2	PC 3
Initial Mass	0.92	0.08	0.39
Initial Outer Diameter	0.99	-0.05	-0.07
Initial Inner Diameter	0.58	-0.70	0.42
Moisture	-0.90	-0.39	0.18
Final Mass	0.95	0.16	0.28
Final Outer Diameter	0.97	-0.22	-0.06
Final Inner Diameter	0.95	-0.07	0.31
Final Thickness	-0.01	0.98	0.15
Initial Area	0.98	0.01	-0.21
Final Area	0.90	-0.25	-0.35
Initial Volume	0.91	-0.13	-0.39
Final Volume	0.72	0.70	0.15
Variance explained by PCs (%)	73.74	18.96	7.30

Table 10. Identification key of color properties and loadings of individual components to the first three factors (PCs) extracted by means of principal component analysis

Parameters	PC 1	PC 2	PC 3
Initial L*	-0.90	0.39	-0.19
Initial a*	0.94	0.21	-0.27
Initial b*	-0.92	0.36	0.12
Final L*	0.77	0.63	0.09
Final a*	0.99	-0.08	0.04
Final b*	0.99	-0.09	0.01
Initial Chroma	-0.93	0.32	0.12
Initial Hue Angle	-0.88	-0.46	-0.10
Initial CI	0.46	0.83	0.29
Final Chroma	0.96	-0.09	-0.27
Final Hue Angle	0.99	0.08	-0.14
Final CI	0.61	0.51	0.61
Variance explained by PCs (%)	77.18	16.90	5.93

CONCLUSIONS

The physical properties of apple samples in different drying conditions were carried out in the cabinet type dryer. The thickness of the sample, drying period and temperature directly affected the drying characteristics. According to the physical properties, the optimum drying condition was determined as 7 mm 10 hours 50°C and 7 mm 10 hours 60°C. Determining the optimum drying parameters is important in terms of the quality and storage time of the dried product. In addition, the biochemical properties of the products must be known for precision drying. Since some measurements such as physical and biochemical are time-consuming, for future studies, the use of new technologies will be of great importance. The results obtained by the principal components analysis, which allow comparative evaluation of the multiple parameters examined in the study, are important for the optimization of drying processes. Determining and correlating some physical properties and optimizing the drying process in this way will make current contributions to the literature.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kabin tipi kurutucuda kurutulan elmaların bazı fiziksel değişikliklerini

belirlemek ve optimum kurutma koşullarını tespit etmektir.

Yöntemler ve Bulgular: Kurutma öncesi ve sonrasında ürünlerin hacim, çap, alan, genişlik ve kalınlık özellikleri dijital bir kumpas kullanılarak üç tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Ürünlerin rengi CIE-L*, a* ve b* renk uzayına göre ölçülmüş ve renk indeksi (CI), ton açısı (h*) ve kroma (C*) değerleri hesaplanmıştır. Bulgulara göre, kabin tipi kurutucuda optimum kurutma koşulları 7 mm 10 saat 50°C ve 7 mm 10 saat 60°C olarak saptanmıştır. Ayrıca, kurutma sonrası en yüksek kroma değerleri 5 mm 9 saat 50°C kurutma parametresine elde edilmiştir.

Genel Yorum: Bu çalışmada, ürünün kurutma öncesi L* değeri ile kurutma öncesi alanı, kurutma öncesi kroması ile kurutma öncesi b* değeri ve kurutma sonrası a* değeri ile kurutma sonrası b* değeri arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur (p = 0.99).

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Kurutma, tarımsal ürünün depolama süresini uzatmak ve yeni bir ürün pazarı oluşturmak için suyun üründen uzaklaştırılmasını içeren kütle transfer işlemidir. Tarımsal ürünlerin kurutma aşamaları; ısınma aşaması, sabit hızda kuruma aşaması ve azalan hızda kuruma aşaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Kurutma işlemi sırasında nem kaybına bağlı

olarak ürünlerde bazı fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Ürünün istenen nem düzeyine getirilmesi için farklı kurutma koşullarında optimum kurutma süresi, kurutma sıcaklığı ve ürün kalınlığı belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Elma, kabin tipi kurutucu, boyut, renk

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Aktas M, İlbaz M, Yalcın A, Sahin M (2013). Experimental Investigation of Drying Behaviours in an Infrared Radiation Dryer. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(4): 767-775.
- Baytekin S, Akca Y (2011). Determination of Performance Different Apple Cultivars on M9 Apple Rootstock). *J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Uni. (JAFAG)*. 28:45–51.
- Bondaruk J, Markowski M, Blaszcak W (2007). Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. *J. Food Eng.* 81: 306–312.
- FAO (2012). Crop production statistics. www.fao.org Accessed 23.08.2019.
- Gungor A, Ozbalta N (1997). Endüstriyel Kurutma Sistemleri (In Turkish). III.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, II. Cild, pp.737-747.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hiranvarachat B, Devahastin S, Chiewchan N (2011). Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying. *Food Bioprod. Process.* 89: 116-127.
- IBM SPSS® Statistics (2010). IBM Company© Version 19. SSS Inc.
- Kartal Kangaloglu, AS (2011). Research About Drying Time Efficiency of Microwave and Cabinet Dryer on (Fruity Product) Dried Fruit Pulp. Master Thesis. İstanbul Teknik University, İstanbul, p91.
- Leonid AB, Vladimir PG, Andrew VB, Alexander ML, Valeriy L, Vladimir AK (2006). The investigation of low temperature vacuum drying processes of agricultural materials. *Journal of Food Engineering*, 74: 410-415.
- McGuire RG (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.
- Mundada M, Hathan BS, Maske S (2010). Convective dehydration kinetics of osmotically pretreated pomegranate arils. *Biosys. Eng.* 107: 307-316.
- Orikasa T, Wu L, Shiina T, Tagawa A (2008). Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 85: 303-308.
- Yagcioglu A (1999). Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği (In Turkish). EÜZF Yayınları, İzmir, Türkiye, No: 536.



Effectiveness of GNSS-based tractor auto steering systems in crop spraying

İlaçlama işleminde GNSS esaslı traktör otomatik dümenleme sistemlerinin etkinliği

Mustafa TOPÇUERİ¹ , Muharrem KESKİN¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO


Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

GNSS, Auto Steering, Spraying, Overlap, Gap, Error.

 Corresponding author: Muharrem KESKİN

 mkeskinhatay@gmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This study aimed to compare pass-to-pass overlaps and spacings in adjacent parallel passes in spraying with and without tractor automatic steering (AS).

Methods and Results: The data were obtained from 13 farmer fields (cotton, corn and peanut) to assess the performance of AS systems in real farmer conditions. Root mean square errors (RMSE) of overlaps and spacings were determined on the maps generated from the coordinates of the tractor recorded while spraying. Variations between the fields were also examined. The RMSE was lowest (7.5 ± 1.7 cm) in the fields on which farmers used AS (with RTK correction signal) in all three operations of tillage, sowing and spraying. RMSE values were comparatively higher for the fields on which farmers used AS only in ridge tillage but not in sowing and spraying (CORS-GSM: 46.1 ± 6.5 cm, SBAS: 76.5 ± 13.9 cm). The fields with manually-steered ridge tillage, sowing and spraying (all three) had the highest RMSE value of 100.8 ± 27.8 cm ($p < 0.05$). The mean RMSE in the manual spraying (without AS) were found to be significantly higher than those using the AS ($p < 0.05$).

Conclusions: AS systems were found to be beneficial in reducing the mean pass-to pass overlap and spacing errors (RMSE) in spraying. However, most of the farmers used AS only in soil ridge tillage and made the spraying without AS by referencing marking flags and/ or soil ridges which were formed using AS. Main reason of this is the high cost of the AS systems and farmers cannot afford to equip all of their tractors. The use of AS systems not only in ridge tillage but also in planting and spraying reduced the errors and increased the benefit of AS usage. The level of benefit from the AS could change from farmer to farmer; thus, farmers should use the AS systems carefully with appropriate equipment settings to obtain a higher level of benefits.

Significance and Impact of the Study: Appropriate use of AS systems in spraying offers benefits to reduce overlap and gaps and the amount of pesticides resulting in lower amount of environmental pollution and pesticide residues on crops, lower application time, lower fuel and labor consumption.

Atf / Citation: Topçueri M, Keskin M (2019) Effectiveness of GNSS-based tractor auto steering systems in crop spraying. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :78-90

INTRODUCTION

Auto Steering (AS) or Auto Guidance is one of the most widely used Precision Agriculture (PA) technologies (Morgan and Ess, 2003; Keskin and Görücü Keskin, 2012).

AS enables the driver to move the tractor along the specified route. For the purpose of AS in agriculture, different techniques have been developed such as mechanical following, mechanical contact, geomagnetic, electrical, image processing, ultrasonic and satellite

based navigation (GNSS) (Reid et al., 2000; Reichhardt, 2012). Most widely used steering method is GNSS based method (Global Navigation Satellite System). In orchards and greenhouses, AS is established by sensing the distance to trees or rows of plants using LASER, LIDAR or ultrasonic sensors (Mousazadeh, 2013; Bayar et al., 2015).

A GNSS-based AS system consists mainly of three components: GNSS antenna, steering system (using electric motor or electro-hydraulic unit) and computer with integrated display. With AS systems, a starting route or line (A-B Line) is established between two points and parallel passes to this A-B line as the working width of the equipment mounted to the rear of the tractor are provided. AS systems can be divided into two models: 1) In semi-automatic systems; the driver does the steering by looking at an indicator (lightbar) that helps to steer and allows him to stay on the route. 2) In fully automatic systems; steering is done automatically without the driver touching the steering wheel. When the driver arrives at the end of the field, he can manually turn the tractor to the side by looking at the screen. Work is underway to make the turns automatically. In this method, steering is carried out in two different means: a) An electro-hydraulic control system is mounted to the tractor's steering system. b) The existing mechanical steering wheel is replaced with a steering wheel with an electric motor on it.

Fully automatic steering systems provide many benefits in agriculture (Lowenberg-DeBoer, 1999; Grisso et al., 2009; Li et al., 2009; Baillie et al., 2018; Müller Electronics, 2018): Easy to use and learn. Makes the job easier. Reduces workload and fatigue on the driver. Provides safer working conditions. Provides equally-distanced parallel passes. Creates parallel and flat ridges in soil tillage. Provides desired distance between plant rows in parallel passes in planting. Reduces the amount of overlap and skips in crop spraying. There is no need to use foam or marking flags in spraying; thus, environment is protected and work efficiency increases. Overlaps and spaces are reduced in fertilizer and lime application with centrifugal spreader. Provides maximal usage of equipment width in harvesting and losses are reduced. In irregular fields, double-spraying is prevented with section control. No need to use markers in sowing. Allows work at night. Provides precise operation at high speeds. Saves fuel and labor. Reduces plant damage, losses and soil compaction and increases yield by allowing passes in same routes each time. Allows workings in adverse weather conditions (fog, dust, sun flare). Increases the quality of the work (tillage, sowing, fertilizing, spraying, harvesting).

Studies have been conducted on the performance, benefits and profitability of automatic steering (AS) systems in the world. Morrow (2002) reported that GPS steering systems reduce the amount of overlap and gaps as compared to foam marking. Whelan and Taylor (2013) reported a 2-4% saving in inputs (fuel, fertilizer, pesticide) when the overlap is 2 cm with AS as compared to conventional marking (0.5-1.0 m). Santos et al. (2018) reported that AS systems significantly increase efficiency and reduce overlaps in parallel passes. Ashworth et al. (2018) reported that AS systems reduce carbon equivalent emission, fuel consumption and chemical input in cotton and soybean farming. Kunz et al. (2018) reported that mechanical weed control with camera-based steering (78%) provided higher weed control efficiency than manual steering (65%). Farmers started to use AS by 2009 in Turkey much more later than American farmers (in 1990s). The adoption level of AS systems in the world reaches up to 80% in some countries (Norwood and Fulton, 2009; Leonard, 2014; Erickson and Widmar, 2015; USDA, 2015a; USDA, 2015b; Verma, 2015; Silva et al., 2011; Keskin, 2013; Say et al., 2017). In Turkey, precision agriculture awareness and adoption has an increasing trend (Akdemir, 2016; Keskin and Sekerli, 2016) and about 850 AS units are in use as of February 2019 mostly in provinces of Adana, Aydin, Konya, Izmir, Tekirdag, Sanliurfa (Topcueri, 2019).

Studies on AS are very limited in Turkey. Unal and Topakci (2012) reviewed information about different steering systems and driverless tractors. Altinkaradag (2014) developed GNSS based electro-hydraulically controlled AS system for tractors. Keskin et al. (2018) reported that farmers use AS mostly for soil tillage (98.2%) and farmers have benefits such as creating straight soil ridges (98.2%), providing flexible working hours (92.7%), saving time (80.0%) and saving fuel (80.0%). Evrenesoglu and Karatas (2019) reported higher operation speed and field capacity in tillage with chisels with AS (9.5 km h^{-1} ; 2.8 ha h^{-1}) as compared to the tillage without AS (4.0 km h^{-1} ; 1.1 ha h^{-1}).

In chemical spraying in agriculture, sprayed parts of the fields should not be re-sprayed and some parts should not be left un-sprayed in adjacent passes. For this goal, foam marking is applied in some countries. However, spraying without any precautions is common and in this case, some of the sprayed area is re-sprayed (overlaps), which leads to the use of extra pesticides and water, increased costs, damage to the plants (toxicity), longer work hours and pollution of the environment. On the other hand, spraying against disease and other harmful factors is not successful in the untreated areas (gaps, spacings). In contrast, when AS is used in spraying, it is

not necessary to mark the field by foam or flags and overlaps and/or gaps can be reduced to cm level in parallel passes with optimal equipment settings.

AS systems are generally tested on concrete or asphalt surfaces. However, the working conditions are very different at field level. No study has been available in Turkey on the performance of AS systems on creating equal pass-to-pass distances in tillage, sowing and spraying. Thus, the aim of this study was to determine the effectiveness of GNSS based tractor AS systems in pest control spraying applications in farmer level in Adana province. This study is the first one on this subject in Turkey to the best knowledge of the authors.

MATERIAL and METHODS

Field Data Collection

Field data were obtained from a total of 13 different fields in the summer months of 2018 (Table 1). Fields were located in Mersin (near the city of Tarsus) and Adana (near the cities of Ceyhan, Sarıcam, Yüreğir) provinces where automatic steering (AS) systems are extensively used. The data were collected directly from the farmer fields; thus, the effectiveness level of AS systems under real farmer conditions was investigated. Variances among the fields were also examined. In the preliminary interviews with the farmers, it was found that some farmers only used the AS system for forming the ridges in soil tillage and aligned the tractor with reference to the ridges during planting and spraying. In this case, these farmers do not use AS for planting and spraying. The reason is that the system is expensive and they do not afford to install AS systems on every tractor. In our previous study, we determined that some farmers wanted to install this system on all tractors if the systems were cheaper (Keskin et al., 2018).

Table 1. Number of fields investigated in the study

Auto Steering (AS) Usage*	GNSS Correction Signal Source	Number of Fields
Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	2
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	5
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	2
Tillage:- Sowing:- Spraying:-	– (Manual steering)	4
Total		13

Automatic Steering (AS) Systems

Three sources of GNSS augmentation signal used in tractor automatic steering (AS) systems are described below. These methods provide a pass-to-pass accuracy of up to 2-3 cm:

- RTK (Real Time Kinematic):** This method uses an additional GNSS receiver which is located in stationary position near the field or on the roof of a nearby building and provides correction signal (up to a distance of <3-5 km). This additional receiver sends the error correction data to the GNSS receiver on the tractor. This is an expensive method as it requires an extra receiver.
- CORS-GSM (CORS: Continually Operating Reference Stations):** In this method, the correction data are sent from at least several fixed reference stations to a data center and then it is sent to the GNSS receiver on the tractor via GSM mobile phone with a SIM card. Annual subscription fee must be paid to the related company to receive this service.
- SBAS (Satellite Based Augmentation System):** The correction signal is sent from a satellite to the GNSS receiver. Farmers pay annual subscription fee to receive precise signal correction service.

Calculation of the Overlaps and Spacings

The geographical coordinates (latitude, longitude, elevation) of the tractor were recorded using a GNSS receiver (Trimble AG25), monitor (Trimble FMX) and laptop (Figure 1) on the tractors (power: 90-100 HP) during spraying. When the distance between the two adjacent parallel passes is greater than the spraying width, a gap is formed meaning that some parts of the field remain un-sprayed. Conversely, overlap occurs when the distance between the two passes is smaller than the spraying width meaning that some parts of the field are sprayed twice, once in the forward direction and the second in the backward direction. Both cases are undesirable because ideally, the distance between the two passes should be the same as the spraying width (W) in parallel passes to minimize the overlaps and gaps.



Figure 1. Laptop computer (left), monitor (middle) and GNSS receiver (right) used in the study to record coordinates of the tractor and sprayer

The collected raw geographical coordinate data were processed and maps were produced using the software of Ehesap7, NMEA2xyz and Eghas7 (Graftek, Istanbul, Turkey). Ehesap7 was used to calculate XYZ coordinates from raw data recorded from the GNSS receiver. NMEA2xyz was used for converting the coordinate system into UTM coordinate system. Finally, EGHAS7 (Interactive Map Graphic System) which is the first local map package program produced in 1988 in Turkey for generating maps from the data obtained in the field was used to obtain maps for each field. The maps were opened in AutoCAD (v.2007) software and then the distances (m) between two parallel passes were determined for each of the 13 fields. Then, the overlap or gap values were calculated by comparing the distance between the two adjacent passes (DPi) with the spraying width (SW). The root mean square error (RMSE) values were calculated using the equation below in MS Excel software (Gisgeography, 2018) for two points in the beginning of the row (RB), the middle of the row (RM) and the end of the row (RE). Finally, the average values were computed from the six values (two from RB, two from RM and two from RE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (DP_i - SW)^2}{N}} \quad \text{Eq. (1)}$$

where;

RMSE= Root mean square error (m)

DPi= Distance between two parallel passes (m)

SW= Spraying width (product of number of nozzles and distance between nozzles) (m)

N= Number of parallel passes in the field.

Data Analysis

Statistical comparisons were carried out based on the variations among the automatic steering (AS) systems, variations between the automatic and manual steering, variations among the fields and among the row beginnings (RB), row middles (RM) and row ends (RE) using Duncan multiple comparison test in SPSS software (v.17; IBM, New York, USA).

RESULTS and DISCUSSION

Overlap and gap RMSE values in adjacent passes in the sprayed fields were determined and examined. RMSE values are presented in Table 2 in spraying for the fields on which soil ridge tillage, sowing and spraying (all three) were carried out by using auto steering (AS) systems.

Table 3 displays RMSE values in fields on which only soil ridge tillage was carried out by AS systems (sowing and spraying were done with manual steering) while Table 4 shows RMSE values for the fields on which AS was not used in soil ridge tillage, sowing and spraying (all manual steering).

The average overlap and spacing error (RMSE) value of the two farmer fields on which AS system (RTK correction signal) was used in all three operations (soil ridge tillage, planting and spraying) was found to be 6.7 ± 1.60 cm and 8.4 ± 1.52 cm (Table 2). The difference between the fields was found to be very low.

In case of AS system usage (SBAS or CORS-GSM correction signal) in soil ridge tillage but not in sowing and spraying (manual steering), the RMSE values of adjacent parallel passes in seven farmer fields were found to be 98.0 ± 1.54 cm, 71.1 ± 1.46 cm, 72.7 ± 2.05 cm, 83.0 ± 2.32 cm, 57.4 ± 3.43 cm, 51.7 ± 2.33 cm and 40.5 ± 3.45 cm, respectively (Table 3).

Finally, in four fields where all soil ridge tillage, sowing and spraying were performed manually (no AS usage), the RMSE values in parallel passes were 69.9 ± 2.34 cm, 86.3 ± 2.52 cm, 140.6 ± 5.09 cm and 108.2 ± 2.95 cm, respectively (Table 4). It was observed that the error levels in two of the fields that were manually tilled, planted and sprayed (Field1 and Field2) were similar to those on which AS system was used in ridge tillage but not in sowing and spraying (SBAS correction signal) (Table 3 and Table 4).

The reasons for the variations in RMSE values among the fields treated with same treatments could be the following: a) the driver does not take sufficient care during spraying, for example, when the quality of the GNSS correction signal displayed on the monitor is low, the operator does not stop and continue working manually b) the sprayer adjustments may not be suitable, such as improper three-point hitch mounting settings c) careless operation in sloped fields. Santos et al. (2017) reported that performance of AS systems is affected by the settings of the machine mounted on the back of the tractor and also it should be capable of making corrections according to the field slope. For this reason, machine settings during operation are very important.

As a general evaluation, it was observed that the use of AS in spraying significantly reduces the margin of error (RMSE) of overlap and spacings (as low as 6.7 cm; Table 2) in parallel adjacent passes as compared to manual steering (as high as 140.6 cm; Table 4).

Table 2. Overlap and space RMSE values in spraying in fields on which soil ridge tillage, sowing and spraying were carried out by auto steering (AS) systems

Field (Location)	AS Usage	GNSS Correction Signal	Crop and SW*	DP* Min, Max	Data Point*	RMSE (cm) Mean±SD
Field1 (Mersin)	Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	Cotton 15.05 m	14.92 m 15.21 m	RB	6.2 ± 2.41
					RM	6.7 ± 1.08
					RE	6.9 ± 1.71
					Mean±SD	6.7 ± 1.60 (%0.4)
Field2 (Mersin)	Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	Cotton 15.05 m	14.91 m 15.06 m	RB	7.0 ± 1.24
					RM	9.5 ± 1.35
					RE	8.6 ± 1.43
					Mean±SD	8.4 ± 1.52 (%0.6)

* SW: Spraying width (m); DP: Distance between two adjacent passes (m); RB: row beginning, RM: row middle, RE: row end

Table 3. Overlap and space RMSE values in spraying in fields on which only soil ridge tillage was carried out by auto steering (AS) systems (AS was not used in sowing and spraying)

Field (Location)	AS Usage	GNSS Correction Signal	Crop and SW*	DP* Min, Max	Data Point*	RMSE (cm) Mean±SD
Field1 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Cotton 17.15 m	15.01 m 17.96 m	RB	97.7 ± 2.39
					RM	97.5 ± 1.47
					RE	98.9 ± 1.27
					Mean±SD	98.0 ± 1.54 (5.7%)
Field2 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Cotton 17.15 m	16.37 m 17.95 m	RB	71.4 ± 1.66
					RM	70.8 ± 1.73
					RE	71.2 ± 2.13
					Mean±SD	71.1 ± 1.46 (4.2%)
Field3 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Cotton 17.15 m	16.35 m 17.99 m	RB	74.2 ± 1.78
					RM	72.8 ± 1.71
					RE	71.1 ± 2.30
					Mean±SD	72.7 ± 2.05 (4.2%)
Field4 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Peanut 17.15 m	15.17 m 17.99 m	RB	82.9 ± 2.50
					RM	82.5 ± 2.43
					RE	83.6 ± 3.68
					Mean±SD	83.0 ± 2.32 (4.8%)
Field5 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Peanut 17.15 m	15.17 m 17.98 m	RB	56.0 ± 3.96
					RM	57.6 ± 4.77
					RE	58.7 ± 3.68
					Mean±SD	57.4 ± 3.43 (3.4%)
Field1 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	Corn 21.35 m	20.19 m 21.91 m	RB	52.1 ± 2.40
					RM	50.2 ± 1.33
					RE	52.9 ± 3.47
					Mean±SD	51.7 ± 2.33 (2.4%)
Field2 (Adana)	Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	Corn 21.35 m	20.44 m 21.21 m	RB	39.3 ± 3.98
					RM	39.4 ± 1.35
					RE	42.9 ± 4.98
					Mean±SD	40.5 ± 3.45 (1.9%)

* SW: Spraying width (m); DP: Distance between two adjacent passes (m); RB: row beginning, RM: row middle, RE: row end

Figure 2 shows the map of the trajectories of the tractor and sprayer during the spraying as well as the distances between adjacent parallel passes for the first field (Field1) sprayed using AS system with RTK correction signal while Figure 2 shows the same data for the fourth field (Field4) tilled, planted and sprayed manually (no AS system usage). In the field on Figure 3, it was observed that the adjacent pass-to-pass distances varied between 14.92 and 15.15 m (spraying width was 15.05 m). In the field on Figure 3, the adjacent pass-to-pass distances

changed from 13.95 to 19.89 m (spraying width was 17.64 m). Also, in the manually sprayed field (Figure 3), an unsprayed part in the middle of the field can be seen in which the sprayer ran out of mixture of water and pesticide and the farmer drove the tractor to the field edge for refill but after that, he was not able to find the location where he stopped the spraying leading to a portion of the field unsprayed. The use of AS is also useful in eliminating such problems that could be seen in manual spraying.

Table 4. Overlap and space RMSE values in spraying in fields on which AS was not used in soil ridge tillage, sowing and spraying (all manual steering)

Field (Location)	AS Usage	Crop and SW*	DP* Min, Max	Data Point*	RMSE (cm) Mean±SD
Field1 (Adana)	Tillage:- Sowing:- Spraying:-	Corn 17.15 m	16.20 m 16.76 m	RB	67.0 ± 1.78
				RM	67.3 ± 2.79
				RE	69.5 ± 2.99
				Mean±SD	69.9 ± 2.34 (4.1%)
Field2 (Adana)	Tillage:- Sowing:- Spraying:-	Corn 17.15 m	15.17 m 16.88 m	RB	85.8 ± 1.59
				RM	85.4 ± 1.17
				RE	87.8 ± 4.63
				Mean±SD	86.3 ± 2.52 (5.0%)
Field3 (Adana)	Tillage:- Sowing:- Spraying:-	Corn 17.64 m	15.11 m 20.81 m	RB	142.5 ± 4.66
				RM	140.1 ± 9.33
				RE	139.2 ± 2.96
				Mean±SD	140.6 ± 5.09 (8.0%)
Field4 (Adana)	Tillage:- Sowing:- Spraying:-	Corn 17.64 m	15.28 m 18.20 m	RB	109.4 ± 3.40
				RM	106.8 ± 3.99
				RE	108.5 ± 3.01
				Mean±SD	108.2 ± 2.95 (6.1%)

* SW: Spraying width (m); DP: Distance between two adjacent passes (m); RB: row beginning, RM: row middle, RE: row end

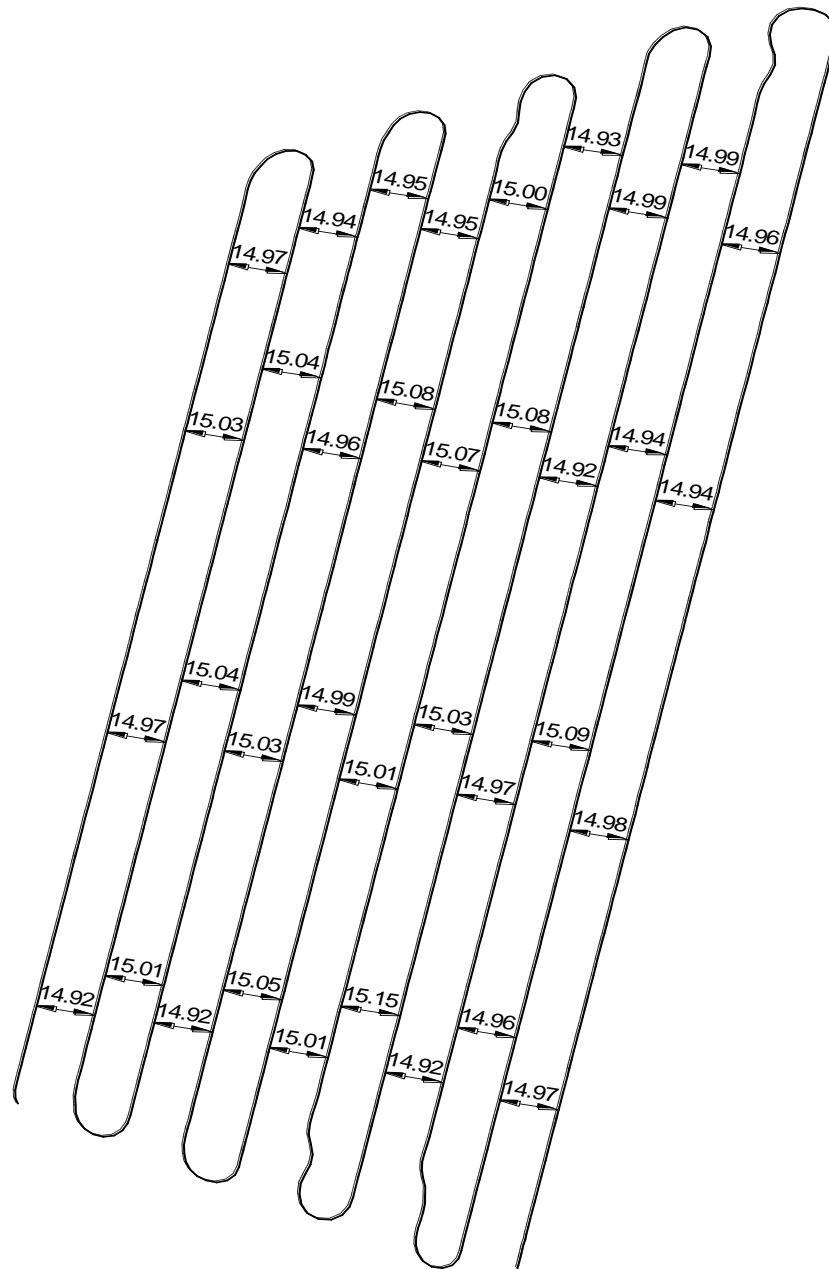


Figure 2. Adjacent pass-to-pass distances in spraying (Field1) on which AS system (with RTK signal) was used in soil ridge tillage, sowing and spraying (Spraying width: 15.05 m) (Adjacent pass-to-pass distances varied between 14.92 m and 15.15 m)

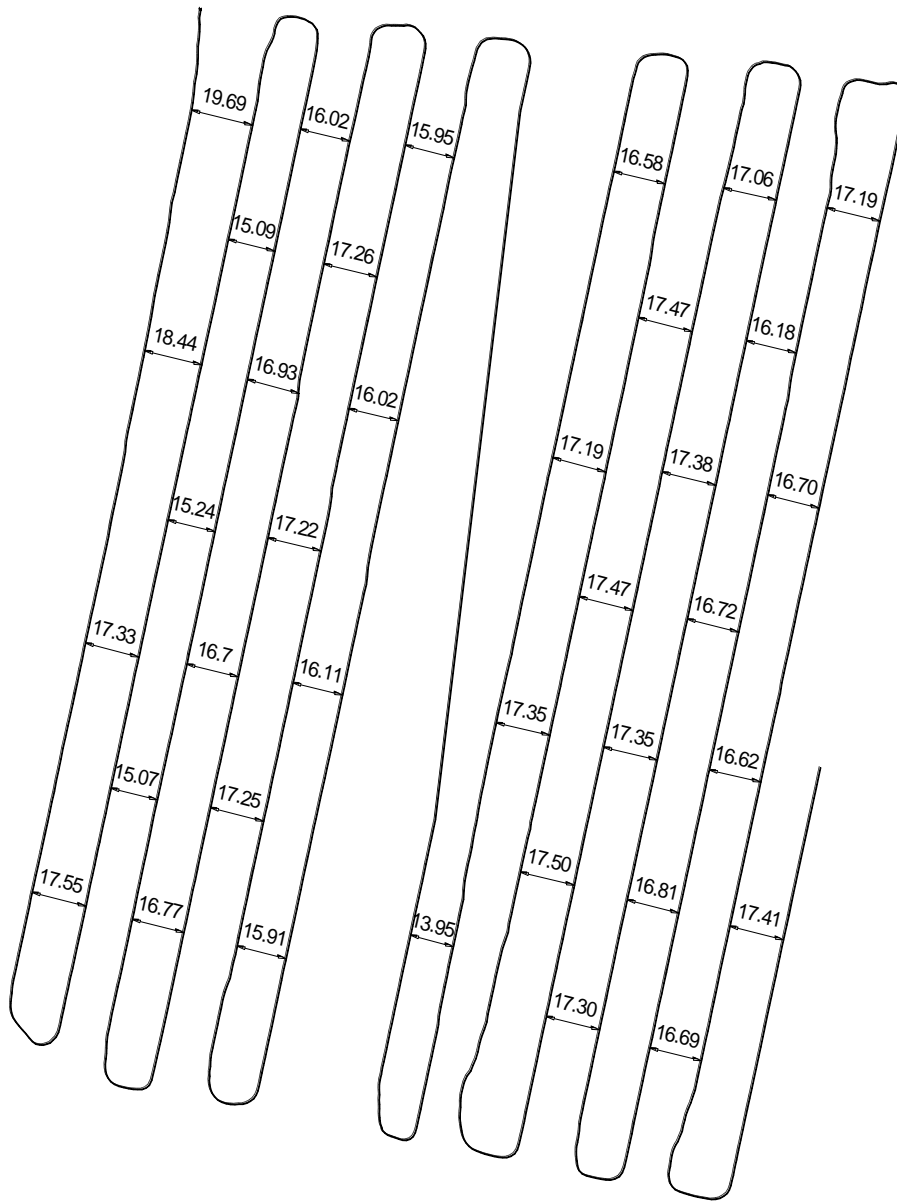


Figure 3. Adjacent pass-to-pass distances in spraying (Field4) on which AS system was not used in soil ridge tillage, sowing and spraying (all manual) (Spraying width: 17.64 m) (Adjacent pass-to-pass distances varied between 13.95 m and 19.89 m)

Data Analysis

Overlap and gap error values (RMSE) of manual and AS systems are given in Table 5. According to the data analysis results, the RMSE values in spraying with the manual steering method were significantly higher than those in the spraying with using auto steering (AS) ($p < 0.05$) (Table 5). On the other hand, the difference between AS systems using different correction signal was also significant ($p < 0.05$). Also, the lowest error

values (RMSE) were obtained from the fields tilled, sowed and sprayed using AS (RTK correction signal) as 7.5 ± 1.72 cm. The reason of the lower error value in AS system with RTK method is that this system is more accurate and more importantly, AS was utilized in all three operations of soil tillage, sowing and spraying. In other words, it was determined that some farmers do not use AS systems in spraying resulting in higher amount of overlap and gap errors. The reason why

farmers do not use AS systems in spraying is that the system is expensive and that they do not have enough investment to install the AS system on every tractor. Keskin et al. (2018) reported the willingness of the farmers to install AS systems on every tractor they possess if the cost was lower.

Table 5. Overlap and spacing RMSE values in spraying according to auto steering (AS) usage

AS Usage	GNSS Correction Signal	RMSE (cm) Mean± SD
Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	7.5 ± 1.72 a
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	46.1 ± 6.50 b
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	76.5 ± 13.91 c
Tillage:- Sowing:- Spraying:-	Manuel steering	100.8 ± 27.83 d

Different letters in same column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$)

The overlap and spacing error values (RMSE) in different fields for each auto steer (AS) usage method are presented in Table 6 and Figure 4. Mean RMSE values were found to be statistically different among the steering systems of manual and AS systems with different correction signals (RTK, SBAS, CORS-GSM) and among the fields treated with tillage, planting and spraying with AS system and without AS system (manual) ($p < 0.05$). It was observed that the differences were in low levels (insignificant) in two fields (Field1 and Field2) in which the tillage, planting and spraying were all carried out with AS system with RTK correction signal (Table 6 and Figure 4). In two of the five fields (Field2 and Field3) tilled using AS system with SBAS correction signal but planted and sprayed manually by referencing the soil ridges were similar but different from the other fields (Field1, Field4 and Field5). In general, the reasons for the differences among the fields which were treated in same manner can be attributed to the fact that the fields may have been treated by different drivers, different tractor and equipment settings, different locations of the fields which may affect the GNSS signal quality, and sprayed at different times (important for signal quality).

Table 6. Overlap and spacing error values (RMSE) in spraying according to fields and steering methods

AS Usage	GNSS Correction Signal	Fields	RMSE (cm) Mean± SD
Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	Field1 Field2	6.7 ± 1.60 a 8.4 ± 1.52 a
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	Field2 Field1	40.5 ± 3.45 a 51.7 ± 2.33 b
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	Field5 Field2 Field3 Field4 Field1	57.3 ± 3.43 a 71.1 ± 1.46 b 72.7 ± 2.05 b 83.0 ± 2.32 c 98.0 ± 1.54 d
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	– (Manual steering)	Field1 Field2 Field3 Field4	67.9 ± 2.34 a 86.3 ± 2.52 b 108.2 ± 2.95 c 140.6 ± 5.09 d

Different letters in same column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$)

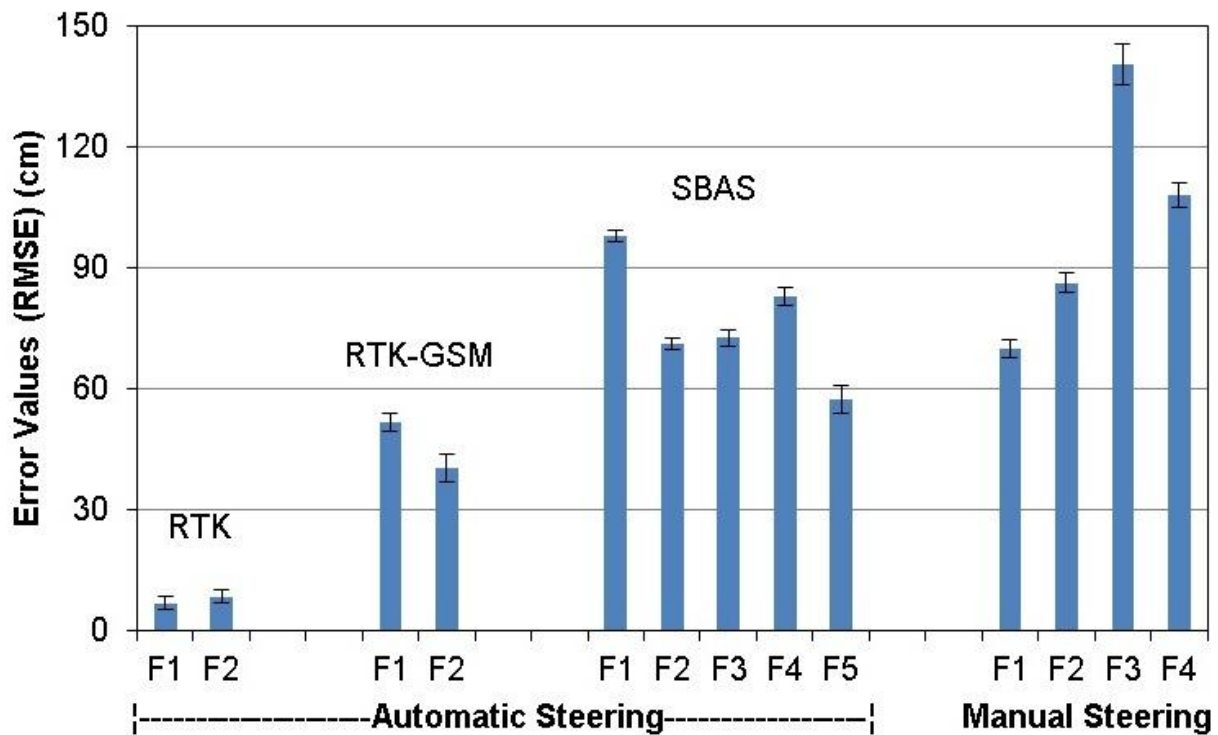


Figure 4. Overlap and spacing error values (RMSE) in spraying according to fields and steering methods

Table 7 shows the mean overlap and spacing error values (RMSE) in spraying according to the steering methods and data points as row beginnings (RB), row middles (RM) and row ends (RE). Sometimes, the error values may be expected to be higher in the start of the new pass (row beginning) as compared to the middle and end of passes after turning at the end of the previous pass; hence, the error data were averaged according to row

beginning (RB), row middles (RM) and row ends (RE) and were compared using Duncan's test to investigate this factor. Based on the statistical analysis, no significant differences were observed among the error values in different data points of row beginning (RB), row middles (RM) and row ends (RE) (Table 7) in manual steering and auto steering (AS) with different correction signals.

Table 7. Overlap and spacing error values (RMSE) in spraying according to steering methods and data points (RB: Row beginnings, RM: Row middles, RE: Row ends)

AS Usage	GNSS Correction Signal	Data Point	RMSE (cm) Mean ± SD
Tillage:+ Sowing:+ Spraying:+	RTK	RB RM RE	6.6 ± 1.63 a 8.1 ± 1.89 a 7.9 ± 1.71 a
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	CORS-GSM	RB RM RE	45.7 ± 7.90 a 44.8 ± 6.34 a 47.9 ± 6.74 a
Tillage:+ Sowing:- Spraying:-	SBAS	RB RM RE	76.4 ± 14.57 a 76.3 ± 14.14 a 76.7 ± 14.52 a
Tillage:- Sowing:- Spraying:-	- (Manual steering)	RB RM RE	101.2 ± 30.25 a 99.9 ± 29.25 a 101.2 ± 27.82 a

Different letters in same column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$)

In previous studies on the overlap and spacing errors on adjacent parallel passes in spraying, it was reported that auto steering (AS) systems reduced the amount of error compared to manual method or foam marking method. Buick and Lange (1998) found that the foam marking resulted in a higher overlap area (2.0-2.6%) than the light-bar steering system with one meter accuracy (1.0%-1.5%) and the AS system with cm level accuracy (0.6-1.1%). Buick and White (1999) reported that the use of lightbar steering provided higher average efficiency by 2.5% and 22.0% in spraying with experienced driver and with inexperienced driver, respectively. Torres et al. (2000) reported that the average error obtained in lightbar steering method was lower (0.14 m) as compared to the foam marking method (0.67 m). McDougall et al. (2001) mentioned that the mean overlap area was lower at 5.5% in DGPS based steering method as compared to 6.9% in foam marking method and they stated that drivers using foam marking method caused higher overlaps by 20%. Similarly, Morrow (2002) reported that the foam marking method produced more overlap and gaps than the GPS steering system. Also, Hudson et al. (2007) reported that the foam marking system had a higher error than the lightbar and auto steering system with electric motor-based steering. Similar results were found in this current study. Auto steering (AS) systems reduced the overlap and spacing error (RMSE) considerably as compared to the manual steering in adjacent parallel passes in spraying operations. The lowest RMSE error values in spraying were obtained with AS (with RTK correction signal) when used for all three operations of soil ridge tillage, sowing and spraying (7.5 ± 1.72 cm; 0.4-0.6%). On the other hand, error values were higher when soil tillage was done using AS systems while planting and spraying were carried out manually by referencing the soil ridges (CORS-GSM: 46.1 ± 6.50 cm; 1.9-2.4% and SBAS: 76.5 ± 13.91 cm; 3.4-5.7%) as compared to the manual steering in all three processes of tillage, planting and spraying (100.8 ± 27.83 cm; 4.1-8.0%). In sum, AS systems have been found to significantly reduce the overlap and gap errors in parallel adjacent passes in spraying. Farmers should utilize AS systems not only in soil ridge tillage but also in planting and spraying.

CONCLUSIONS

This study aimed to determine the effect of GNSS-based automatic steering (AS) systems on average overlap and spacing errors (RMSE) in parallel adjacent passes in spraying.

According to the data analysis, error (RMSE) values in manual spraying method were found to be statistically higher than those using AS ($p < 0.05$). When AS system (with RTK signal) was used in all three operations of soil ridge tillage, sowing and spraying the error was minimal (7.5 ± 1.72 cm; 0.4-0.6%). However, the error values were relatively higher when the AS system was used only in soil ridge tillage but not in planting and spraying (CORS-GSM: 46.1 ± 6.50 cm; 1.9-2.4%; SBAS: 76.5 ± 13.91 cm; 3.4-5.7%). Manual steering resulted in highest errors (100.8 ± 27.83 cm; 4.1-8.0%).

As a result, it was determined that the AS systems are beneficial in reducing the overlap and spacing errors in parallel adjacent passes in spraying as compared to the manual steering. The use of AS systems in spraying offers benefits of less pesticide and water consumption, less environmental pollution, shorter spraying time, less fuel, less labor, lower costs, higher profit and less operator fatigue. In addition, it was observed that farmers' use of AS systems in sowing and spraying besides soil ridge tillage increased this benefit. Farmers should use AS systems not only in soil ridge tillage but also in planting and spraying. It was determined that some farmers do not use AS systems in spraying resulting in higher amount of overlaps and gaps in spraying. The reason why farmers do not use AS systems in spraying is that the system is expensive and that they do not have enough investment to install the AS system on every tractor. Farmers would install AS systems on every tractor they possess if the cost was lower. In addition, it was observed that the benefit from the AS systems can vary from farmer to farmer. For this reason, farmers should use these systems carefully with appropriate equipment settings.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, traktör otomatik dümenleme (OD) sistemi ile ve manuel dümenleme ile yapılan ilaçlamada yan yana paralel geçişlerdeki örtüşme ve boşluk miktarları karşılaştırılmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Veriler, OD sistemlerinin gerçek çiftçi koşullarındaki performansını değerlendirmek için 13 çiftçi tarlasından (pamuk, mısır ve yerfıstığı) elde edilmiştir. İlaçlama sırasında traktörün izlediği noktaların koordinatları kayıt altına alınmış, bu noktalardan oluşturulan haritalar üzerinden ortalama örtüşme ve boşluk hata değerleri (Hataların ortalama kare kökü; Root mean square error: RMSE) belirlenmiş ve analiz edilmiştir. Tarlalar arasındaki değişkenlik de incelenmiştir. RMSE değerinin çiftçilerin sırta toprak işleme, ekim ve ilaçlama işlemlerinin her üçünde OD

kullandığı (RTK düzeltme sinyaliyle) tarlalarda en düşük değerde (7.5 ± 1.7 cm) olduğu gözlemlenmiştir. Çiftçilerin sadece sırta toprak işlemeyi OD sistemiyle, ekim ve ilaçlamayı manuel olarak (OD kullanmadan) yaptığı tarlalarda ortalama hata değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (CORS-GSM: 46.1 ± 6.5 cm, SBAS: 76.5 ± 13.9 cm). Sırta toprak işleme, ekim ve ilaçlamanın hepsinin manuel dümenleme ile yapıldığı tarlalarda ise ortalama hata değerinin en yüksek düzeyde olduğu (100.8 ± 27.8 cm) görülmüştür ($p < 0.05$). Manuel ilaçlama durumunda (OD kullanılmadan) ortalama hata değerinin OD kullanılan tarlalara göre önemli derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$).

Genel Yorum: OD sistemlerinin, ilaçlamada yan yana paralel geçişlerdeki ortalama örtüşme ve boşluk hata değerini azaltmada yararlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak, çiftçilerin çoğunun OD sistemini sadece toprak sırtı oluşturmada kullandığı, ekim ve ilaçlamayı toprak sırtlarını referans alarak OD kullanmaksızın elle dümenleme ile yaptığı belirlenmiştir. Bu durumun temel nedenlerinden biri, OD sistemlerinin maliyetinin yüksek olması ve çiftçilerin tüm traktörlerini OD sistemi ile donatacak mali gücünün olmamasıdır. OD sistemlerinin sadece sırta toprak işlemede değil, aynı zamanda ilaçlamada da kullanımının örtüşme ve boşluk hatalarını azalttığı ve OD kullanımının yararını arttırdığı gözlenmiştir. OD'den elde edilen fayda düzeyinin çiftçiden çiftçiye değişebildiği tespit edilmiş olup, daha yüksek düzeyde faydalar elde etmek için çiftçilerin OD sistemlerini uygun ekipman ayarlarıyla dikkatli bir şekilde kullanmaları gereklidir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: OD sistemlerinin ilaçlama işleminde uygun şekilde kullanımı, örtüşme ve boşluk miktarında azalmaya bağlı olarak tarım ilacı kullanımında azalma, bitkiler üzerinde daha az toksik etki, ürün üzerinde daha düşük miktarda pestisit kalıntısı, daha az çevre kirliliği, daha düşük ilaçlama süresi, daha düşük yakıt tüketimi ve daha düşük işçilik masrafı potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: GNSS, otomatik dümenleme, ilaçlama, örtüşme, boşluk, hata

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Mr. Omer Selim Alporal (from Graftek), Dr. Yunus Emre Sekerli, Dr. Selcuk Ugurluay and all farmers who made contributions in data collection and analysis. This paper was produced from the MSC thesis of Mr. Mustafa Topcueri under the supervision of Dr. Muharrem Keskin.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest in the study.

REFERENCES

- Akdemir B (2016) Evaluation of precision farming research and applications in Turkey. 10.7251/AGRENG1607227. pp.1498-1504.
- Altinkaradag A (2014) Development of Automatic Steering System for Tractors. PhD Dissertation. Namık Kemal University, Tekirdag, Turkey. 135 pp.
- Ashworth AJ, Lindsay KR, Popp MP, Owens PR (2018) Economic and Environmental Impact Assessment of Tractor Guidance Tech. Agric. & Envir. Letters. 5pp.
- Baillie CP, Lobsey CR, Diogenes LA, McCarthy CL, Thomasson JA (2018) A review of the state of the art in agricultural automation. Part III: Agricultural machinery navigation systems. ASABE Annual International Meeting, 29 July - 1 August 2018, Detroit, MI, USA.
- Bayar G, Bergerman M, Koku AB, Konukseven EI (2015) Localization and control of an autonomous orchard vehicle. Comput. Electron. Agric. 115: 118–128.
- Buick R, Lange AF (1998) Assessing Efficiency of Agricultural Chemical Application with Differential GPS, ArcView and Spatial Analyst. Precis. Agric. P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (Ed.). p. 1035-1045.
- Buick R, White E (1999) Comparing GPS Guidance with Foam Marker Guidance. Fourth International Conference on Precision Agriculture. pp.1035-1045.
- Erickson B, Widmar DA (2015) Precision agricultural services dealership survey results. Purdue University. West Lafayette, Indiana, USA. 37pp.
- Evrenesoglu M, Karatas U (2019) The Effect of Automatic Steering on Agro-Technical Success in Deep Chisels. 32nd National Agric. Mech. and Energy Congress, 4-6 September 2019, Canakkale, Turkey. pp 10-11.
- Gisgeography (2018) How to Calculate Root Mean Square Error (RMSE) in Excel. <https://gisgeography.com/root-mean-square-error-rmse-gis/> (Accessed on: 30.12.2018)
- Grisso R, Alley M, Groover G (2009) Precision Farming Tools: GPS Navigation. Virginia Cooperative Extension. Publication No 442-501. 7 pp.
- Hudson G, Shofner R, Wardlow G, Johnson D (2007) Evaluation of three tractor-guidance methods for parallel swathing at two field speeds. Discovery, 8:61-66.
- Keskin M, Görücü Keskin S (2012) Precision Agriculture Technologies (Hassas Tarım Tek.). Book (In Turkish). Mustafa Kemal University, Turkey. No: 35. 212 pp.

- Keskin M (2013) Factors Affecting the Adoption of the Precision Agric. Technologies and the Adoption Rate of these Technologies in the World (In Turkish with Abstract in English). *J. Agric. Mach. Sci.* 9(4): 263-272.
- Keskin M, Sekerli YE (2016) Awareness and adoption of precision agriculture in the Cukurova region of Turkey. *Agron.Res.* 14(4): 1307-1320.
- Keskin M, Sekerli YE, Say SM, Topcueri M (2018) Farmers' Experiences with GNSS-Based Tractor Auto Guidance in Adana Province of Turkey. *J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Univ.* 35(2):172-181.
- Kunz C, Weber JF, Peteinatos GG, Sökefeld M, Gerhards R (2018) Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. *Precis. Agric.* 19: 708–720
- Leonard E (2014) Precision Agriculture Down Under. www.precisionag.com/guidance/precision-ag-down-under.
- Li M, Imou K, Wakabayashi K, Yokoyama S (2009) Review of research on agricultural vehicle autonomous guidance. *J. Agric. & Biol. Eng.* 2(3):1-26.
- Lowenberg-DeBoer J (1999) GPS Based Guidance Systems for Agriculture. 6 December 1999.
- McDougall K, Gibbings P, Wolski I (2001) Comparison of a d-GPS system and conventional guidance for spraying applications. In: 5th *Precis. Agric. in Australasia Symp: Information for Better Production and Envir Manag.*, 17-19 Jul 2001, Sydney, Australia.
- Molin JP, Cerri DGP, Baio FHR, Torrezan HF, Esquerdo JCDM, Ripoli MLC (2002) Evaluation of a light bar for parallel swathing under different forward speeds. *World Congress of Computers in Agr. and Natural Resources.* 13 March 2002. Iguacu Falls, Brazil: ASABE.
- Morgan M, Ess D (2003) The precision farming guide for agriculturists. Second edition. John Deere Publishing, Moline, Illinois, USA.
- Morrow TF (2002) Evaluation of DGPS Row Guidance Systems, Analyzing Operator Feedback Methods Based on Accuracy and Operator Insights. MSc Thesis, Univ of Tennessee. 93 pp.
- Mousazadeh H (2013) A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles. *J. Terramech.* 50: 211–232.
- Müller Elektronik (2018) Steering systems & GPS. Brochure. 12pp. www.mueller-elektronik.de
- Norwood S, Fulton J (2009) GPS/GIS Applications for Farming Systems. Alabama Farmers Federation Commodity Organizational Meeting. 5 February 2009.
- Reichhardt (2012). Auto Guidance System Brochure. Reichhardt, 12 First Street South Sabin, MN 56580. www.reichhardt.com.
- Reid JF, Zhang Q, Noguchi N, Dickson M (2000) Agricultural automatic guidance research in North America. *Comput. Electron. Agric.* 25: 155–167.
- Santos AF, Silva RP, Tavares TO, Ormond ATS, Rosalen DL, Assis LC (2017) Parallelism error in peanut sowing operation with auto-steer guidance. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* 21(10):731-736.
- Santos AF, Correa LN, Gírio LAS, Paixao CSS, da Silva RP (2018) Position Errors in Sowing in Curved and Rectilinear Routes Using Autopilot. *Eng. Agric.* 38: 568-576.
- Say SM, Keskin M, Sehri M, Sekerli YE (2017) Adoption of Precision Agriculture Technologies in Developed and Developing Countries. *International Science and Technology Conference*, 17-19 July 2017 Berlin, Germany. pp.41-49.
- Silva CB, Moraes MAF, Molin JP (2011) Adoption and use of precis. agric. tech. in the sugarcane industry of Sao Paulo state, Brazil. *Precis. Agric.* 12: 67–81.
- Torres FP, Ribeiro Filho AC, Baio FHR (2000) Comparação da utilização da barra de luz na agricultura de precisão em relação ao marcador de espuma. In: *Agric. de Precisão.* Viçosa: UFV. 357-364.
- USDA (2015a) Agricultural Resource Management Survey: US Peanut Industry. United States Department of Agriculture (USDA) National Agric Stat Service (NASS). No 2015-1. 4 pp.
- USDA (2015b) Agricultural Resource Management Survey: US Rice Industry. United States Department of Agriculture (USDA) National Agric Stat Service (NASS). No 2015-2. 4 pp.
- Unal I, Topakci M (2012) Navigation Methodology and Different Navigation Systems for Agricultural Applications (In Turkish with Abstract in English). 27. *National Agricultural Mechanization Congress*, 5-7 September 2012, Samsun, Turkey.
- Verma L (2015) China Pursues Precision Agriculture on a Grand Scale. *Resource Magazine.* July/August 2015. 22: 18–19.
- Whelan B, Taylor J (2013) Precision agriculture for grain production systems. *Csiro Publishing.* 199 pp.



Investigation of TR63 region climate conditions in terms of greenhouse

TR63 bölgesi iklim koşullarının seracılık açısından irdelenmesi

A. Nafi BAYTORUN¹ , Adil AKYÜZ² , Ali ÇAYLI³ , Sait ÜSTÜN² 

¹Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, University of Çukurova, 01330, Adana, Turkey

²Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, 46050, Kahramanmaraş, Turkey

³Vocational School of Türkoğlu, University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, 46880, Kahramanmaraş, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Greenhouses, heating, ventilation, shading, cooling.

✉ Corresponding author: A. Nafi BAYTORUN

✉: ckaraca@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: In order to realize the year-round production in the greenhouse according to the daily average temperature values of Hatay, Osmaniye and Kahramanmaraş provinces located in TR63 Region, it is aimed to determine the air conditioning measures and the necessary parameters that can be taken in the greenhouses.

Methods and Results: In this study, the long-term climate values of the provinces in TR63 region have been determined and the temperature values reached during different periods of the air conditioning and production period, the required heating, ventilation, cooling times and the required fuel and cooling water amount have been determined. Heat requirement was calculated by using ISIGER-SERA expert system model using hourly temp., solar radiation and wind speed values considering the temp. rise in the greenhouse. The heat energy required for keeping the greenhouse temp. at 16/18 °C day and night is 132.1 kWh m⁻² a⁻¹ in Kahramanmaraş province in the second region according to TS825 standards. The provinces in the first region were calculated as 85.5 and 71.8 kWh m⁻² a⁻¹ for Hatay and Osmaniye respectively.

Conclusions: In the greenhouses in this region, heating, ventilation, shading and cooling are necessary for production to be realized all year. However, the cost of production in the greenhouse varies depending on air conditioning measures. When the climatic values of all three provinces are taken into consideration, it is seen that the production period should be started in the last week of August and continued until the end of June. One-year plants produced in the greenhouse during the summer months can also be produced under open field conditions. Due to the decrease in product prices, one-year crop production in this region should be terminated in July and greenhouses should be left empty.

Significance and Impact of the Study: This study shows that it is necessary in certain periods of the year the climate in different ways depending on the climate of greenhouses in order to obtain high quality and high efficiency in greenhouses where appropriate concentrated in the Mediterranean climate in Turkey. Also, this situation may affect production costs depending on the air conditioning. At the same time, this study will shed light on the feasibility studies of the greenhouse enterprises in the region since heating, ventilation, shading and cooling of the greenhouses are required for production in the greenhouse all year.

GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak, gıda maddelerine olan talep de her geçen gün artış göstermektedir. İnsanlar çoğu zaman sebze ve meyveleri mevsimi dışında da tüketmek istemektedirler. Artan gıda ve mevsimi dışında sebze, meyve talebinin karşılanabilmesi için, birim alandan yüksek verimin alındığı seracılık, tüm dünyada her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Seracılığın dünyada bir sanayi haline gelmiş olmasının en önemli nedenlerinden birisi de yetiştirme ortamının kontrol edilebilir olması nedeniyle, kalite ve verimin en üst düzeylere çıkarılabilmesidir. Artan gıda talebini karşılama isteği ve katma değeri yüksek ihraç ürünlerinin yetiştirilebilmesi seracılığın gelişmesine neden olan etmenlerdir.

Tüketici talebinin hızla değiştiği dünyada seracılık alan olarak artış gösterirken, aynı zamanda seracılıktaki teknoloji hızlı bir şekilde gelişim göstermektedir. En fazla seracılık, iklimin sera yetiştiriciliğine uygun olduğu Akdeniz havzasındaki ülkelerde yapılmaktadır. Bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye, sera alanı varlığında dünyada dördüncü, Akdeniz ülkeleri arasında ise İspanya'dan sonra ikinci sıradadır.

Türkiye'de seracılık 1940 yılında başlamış günümüzde Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde dağılım ve genişleme göstermiştir. Bu dağılım içerisinde yer yer yoğun üretim alanları oluşmuştur. En kuzeyde Yalova çevresindeki mikro klimada görülen seracılık, batıda İzmir ve Muğla çevresinde, güneyde Antalya ve Mersin dolaylarında yoğunlaşmakta ve Hatay ilinin Samandağ ilçesine kadar uzanmaktadır. Türkiye'de örtü alanlarının %80'i ısıtma gereksiniminin düşük olduğu Akdeniz bölgesinde bulunmaktadır (TUİK, 2018).

Türkiye'de seraları düşük, orta ve yüksek teknolojiye sahip seralar olmak üzere üç grup altında toplamak mümkündür. Akdeniz bölgesinin dar sahil şeridinde yer alan küçük aile işletmelerindeki seralar düşük ve orta teknolojiye sahiptirler. Bu seraların büyük çoğunluğu 1980'li yıllarda devlet tarafından sağlanan desteklerle (KKDF Kaynak Kullanımını Destekleme Fonu) kurulmuşlardır. Küçük bloklar halinde kurulan bu seralarda yan duvar havalandırması olup, düzenli ısıtma yapılmamaktadır. Çok soğuk günlerde basit önlemlerle (soba, üstten yağmurlama) ürün dondan korunmaktadır (Baytorun, 2016). Bu tip seralarda yapılan tek ürün domates yetiştiriciliğinde ortalama 15–18 kg m⁻² verim alınırken, ilkbahar üretiminde 12 kg m⁻² ve sonbahar üretiminde 9 kg m⁻² domates verimi sağlanmaktadır (Rad ve Yarşı, 2005; Daka ve ark., 2012). Türkiye'de son yıllarda büyük işletmeler halinde kurulan modern seralar yüksek teknolojiye sahip olup düzenli olarak

ısıtılmaktadırlar. Bu seralarımızdan elde edilen ürünlerin önemli bir kısmı yurt dışına ihraç edilmektedir. Tarım Bakanlığının 2012 yılından itibaren hayata geçirdiği "Alternatif Üretim Yöntemlerinin Geliştirilmesi Projesi" kapsamında jeotermal kaynakların bulunduğu illerimizde, modern seracılığı yaygınlaştırmak amacıyla mevcut durum analiz edilmiş ve fizibilite hazırlanmıştır (Anonim, 2019). Bu kapsamda son yıllarda Aydın, İzmir, Denizli, Afyonkarahisar, Manisa, Kütahya, Kırşehir, Şanlıurfa ve Yozgat illerinde jeotermal seracılık konusu ciddi bir şekilde ele alınmış ve yüksek teknolojiye sahip modern seralar kurulmuştur. Özellikle karasal iklimin hâkim olduğu jeotermal bölgelerde kurulan seralarda üretim periyodunun uzunluğu ve bitkilerin arzu ettiği iklim koşullarının otomasyon sistemleri ile düzenlenmesi sonucunda domates verimi 50 kg m⁻² ve üstüne çıkabilmiştir. Akdeniz bölgesinde kurulan yüksek teknolojiye sahip modern seralardan elde edilen domates verimi üretim periyodunun kısıllığı nedeniyle 30–32 kg m⁻² arasında değişmektedir (Baytorun ve ark., 2018).

Bitki gelişimi için gerekli iklim parametreleri ve sınırlar

Seradan kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için bitkilerin sıcaklık, nem, ışık ve CO₂ gibi gelişim etmenlerinin optimum düzeyde tutulması zorunludur. Seralarda yetiştirilen bitkilerin büyük çoğunluğu sıcak iklim bitkileri olup, iklim istekleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Sirjacobs, 1988; Baudoin ve ark., 1990; Verlodt, 1990; Krug ve Liebig, 1994)

1. Serada yetiştirilen bitkiler ortalama 17°C–27°C'ye adapte olmuşlardır.
2. Günlük ortalama sıcaklığın 12°C–22°C arasında olması durumunda, seralarda ısıtmaya gerek yoktur. Bu koşullarda seralarda iklimlendirme için doğal havalandırma yeterlidir.
3. Günlük ortalama sıcaklığın 12°C'nin altına düşmesi durumunda seralar ısıtılmalıdırlar.
4. Günlük ortalama sıcaklık 22°C'nin üzerine çıktığında, seralarda ek soğutma önlemlerinin alınması zorunludur.
5. Dış sıcaklığın 27°C'nin üstüne çıkması durumunda, seralarda evaporatif soğutma sistemlerinin (Fan-Ped) kurulması zorunludur.
6. İyi bir bitki gelişimi için gece-gündüz sıcaklık farkı 5°C–7°C arasında olmalıdır.
7. Bitkiler için mutlak maksimum sıcaklık 35°C–40°C'nin üstüne çıkmamalıdır.
8. Yılın üç ayında (Kasım, Aralık, Ocak) toplam gün uzunluğu 500–550 saat olmalıdır.

9. Günlük toplama radyasyon 2300 Wh m⁻² gün olmalıdır. Bitki büyümesi için toplam güneş radyasyonu sınırı 1000 Wh m⁻²gün'dür.
10. Minimum toprak sıcaklığı 15°C olmalıdır.
11. Hava neminin %70–%90 arasında olmalıdır.

Yapılan bu çalışmada yukarıda belirtilen koşullara bağlı olarak TR63 Bölgesinde yer alan Hatay, Osmaniye ve Kahramanmaraş illerinin günlük ortalama sıcaklık değerlerine göre serada tüm yıl üretimin gerçekleştirilebilmesi için yılın farklı aylarında seralarda alınabilecek iklimlendirme önlemleri ve bu önlemler için

gerekli parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

TR63 bölgesinde yer alan Kahramanmaraş, Osmaniye ve Hatay illerinin saatlik sıcaklık, nem, güneş ışınımı ve rüzgâr hızı değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanmıştır. İklimlendirme hesaplamaları için Türkiye'de son yıllarda kurulan yüksek teknolojiye sahip seraların boyutları esas alınmıştır. İklimlendirme için esas alınan sera boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hesaplamalarda kullanılan seranın boyutları ve teknik özellikleri

Sera uzunluğu		Yan duvar Örtüsü	8 mm aralıklı çift kat PC
Bölme sayısı		Çatı örtüsü	180 µ
Bölme genişliği	9.60 m	Havalandırma	Çatı havalandırması
Yan duvar yüksekliği	5.00 m	Havalandırma açıklığı	Sera tabanının %40'ı
Çatı yüksekliği	2.50 m	Isıtma	Tabana yakın borulu ısıtma
Örtü yüzey alanı	27738 m ²	Isı perdesi	XLS 17
Taban alanı	20160 m ²	Isı perdesi sızdırmazlığı	Orta

Serada ısı gereksinimi, ISIGER-SERA uzman sistem modeliyle hesaplanmıştır (Baytorun ve ark., 2016a, b; Baytorun ve ark., 2018). ISIGER-SERA modeli serada ısı gereksinimini sıcaklık yükselmesini dikkate alarak saatlik sıcaklık, güneş ışınımı ve rüzgâr hızı değerlerinden hesaplanmaktadır. Bu modelle yapılan hesaplamalarda gün boyu serada depolanan güneş ışınımının serada oraya çıkan sıcaklık yükselmesini dikkate alındığından elde edilen sonuçlar gerçek değerlere daha yakın olmaktadır. ISIGER-SERA modelinde ısı gereksinimi aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır (Rath, 1992).

$$\Phi_{cs} = \sum_{n=1}^{8760} (U_{cs} * A_c * (\theta_{i_n} - \theta_{i,oH_n} - \Delta\theta_{sp_n}) * t_{si})$$

Eşitlikte; Φ_{cs} : Üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı gereksinimi (kWh), U_{cs} : Isı gereksinim katsayısı ($W m^{-2} K^{-1}$), A_c : Örtü yüzey alanı (m^2), θ_{i_n} : Serada istene sıcaklık ($^{\circ}C$), θ_{i,oH_n} : Isıtılmayan ve belirli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan seradaki sıcaklık ($^{\circ}C$), $\Delta\theta_{sp_n}$: Sera özelliğine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi ($^{\circ}C$), t_{si} : Simülasyon zaman aralığı (1h)

Seranın havalandırma açıklık alanının sera taban alanına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık farkı aşağıdaki eşitlikten gidilerek hesaplanmıştır (Von Zabeltitz, 2011).

$$\frac{A_v}{A_g} = \frac{2}{c_{pL} * \rho * v_w * C_d \sqrt{C_w}} * \left[\frac{\tau * q_o (1 - E_v * f)}{\Delta T} - \frac{A_c}{A_g} * U_{cs} \right]$$

Eşitlikte; A_v : Havalandırma açıklık alanı (m^2), A_g : Sera taban alanı (m^2), c_{pL} : Havanın özgül ısı değeri ($kWh kg^{-1} K^{-1}$), ρ : Havanın yoğunluğu ($kg m^{-3}$), v_w : Rüzgâr hızı ($m s^{-1}$), C_d : Deşarj katsayısı, C_w : Rüzgâr katsayısı τ : Örtü malzemesinin geçirgenliği (%), q_o : Güneş ışınımı şiddeti ($W m^{-2}$), E_v : Evaporasyon katsayısı, f : Bitki örtü katsayısı, ΔT : Ulaşılan sıcaklık farkı (K)

Seralarda evaporatif soğutmada dış havanın sıcaklık ve nem değerlerinden gidilerek havanın entalpi ve nem içeriği psikrometrik eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Soğutmada kullanılan pedin randımanı %70 olarak kabul edilmiş ve pedlerin hemen çıkışında ulaşılacak sıcaklık değeri aşağıdaki eşitlikten gidilerek hesaplanmıştır

$$\theta_L^* = \theta - \eta * (\theta - \theta_{FK})$$

Evaporatif soğutmada havaya herhangi bir ısı eklenip çekilmediği için seraya giren havanın entalpi değeri sabit kalmaktadır. Sabit entalpi değerinde seraya nemlendirilerek giren havanın yeni nem içeriği (x_i) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$x_i = \frac{h - (c_{pL} * \theta_L^*)}{r_0 + (c_{pw} * \theta_L^*)}$$

Serada yeni özelliklere sahip olan havanın öz kütlesi (yoğunluk) havanın nem içeriğine ve sıcaklığına bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\rho_i = \frac{1 + x_i}{0.622 + x_i} * \frac{P}{R_w * (\theta_L^* + 273.15)}$$

Yapılan hesaplamalarda sera örtü malzemesinin geçirgenliği %60 olarak kabul edilmiştir. Seraya ulaşan güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşen miktarının bir kısmı transmisyonla dış ortama taşınırken bir kısmı transpirasyonda kullanılmaktadır. Transpirasyonda kullanılan ve transmisyonla dış ortama taşınan ısının %35 olduğu kabul edilmiştir (Von Zabeltitz, 1986). Serada sıcaklığa etki eden %65'lik duyulur ısının dış ortama taşınması durumunda serada arzu edilen sıcaklığın sağlanması mümkün olabilmektedir.

Çalışmada gölgelendirilen serada hava değişim katsayısı $Z = 30 \text{ h}^{-1}$ olarak alınmıştır (Von Zabeltitz, 1986). Hesaplamalarda esas alınan seraların ortalama yüksekliği 6.6 m olduğundan birim alana tekabül eden hava değişim katsayısı (V_A) aşağıdaki eşitlikten gidilerek hesaplanmıştır (Baytorun ve ark., 2016a).

$$V_A = Z * H_m$$

Birim alana tekabül eden hava değişim katsayısı ise, $200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ olarak alınmıştır. Evaporatif olarak soğutulan seradan vantilatörlerle atılan ısının geri kalan kısmı havanın entalpi değerinin yükselmesine neden olmaktadır. Seradaki havanın yeni entalpi değeri aşağıdaki eşitlikten gidilerek hesaplanmıştır.

$$h_i = h_o + \frac{q_{s,v}}{V_A * \rho_i}$$

Seradaki havanın yeni entalpi değerine ve nem içeriğine bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değeri aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir.

$$\theta_i = \frac{h_i - x_i * r_o}{c_{pL} + c_{pw} * x_i}$$

BULGULAR ve TARTIŞMA

TR63 bölgesinde bulunan Osmaniye ve Hatay TS825 standartlarına göre I. bölgede yer alırken, Kahramanmaraş II. bölgede yer almaktadır. TR63 bölgesinde bulunan Kahramanmaraş, Osmaniye ve Hatay illerinin aylara bağlı günlük ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. TR63 bölgesinde yer alan illerin aylara bağlı uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık değerleri (°C)

İL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1. BÖLGE	Isıtma		Havalandırma + gölgeleme			Soğutma		Havalandırma + gölge.		Isıtma		
Hatay	8.2	9.9	13.1	17.2	21.2	24.8	27.1	27.7	25.5	20.6	14.2	9.5
Osmaniye	9.4	10.4	13.3	17.3	21.6	25.5	28.0	28.4	25.8	21.2	15.5	11.1
2. BÖLGE	Isıtma			Havalandırma+ gölge.		Soğutma		Haval. + gölge		Isıtma		
K.Maraş	4.7	6.1	10.4	15.2	20.1	25.1	28.3	28.4	25.0	18.8	11.6	6.5

Çizelgeden de görüleceği gibi tipik Akdeniz iklimi özelliği gösteren Osmaniye ve Hatay illerinde günlük ortalama sıcaklık Aralık-Şubat döneminde 12°C'nin altına düşerken, Kahramanmaraş'ta Aralık-Mart döneminde 12°C'nin altına düşmektedir. Bu nedenle TR63 bölgesinde bulunan Kahramanmaraş'ta için ısıtma giderleri Hatay ve Osmaniye'ye göre daha yüksek olmaktadır. Kahramanmaraş'ta sera ısı gereksinimi Hatay'dan yaklaşık olarak %48 daha fazladır (Çaylı ve Temizkan, 2018).

TR63 bölgesinde bulunan her üç ilimizde de sıcaklık değerleri Temmuz ve Ağustos aylarında 27°C'nin

üzerindedir. Bu aylarda seralarda bitkisel üretimin devamı için soğutma işlemlerinin yapılması zorunludur.

Isı gücü, ısı gereksinimi ve yakıt miktarı

Seralarda ısıtma sistemlerinin projelenmesinde seçilecek kazan gücünün belirlenmesi önem arz eder. Kazan gücü serada hesaplanan ısı gücüne göre belirlenir. TR63 bölgesinde bulunan illerin farklı sıcaklık değerlerine göre hesaplanan ısı gücü değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. TR63 bölgesinde seralarda farklı gece/gündüz sıcaklıkları için ısı gücü değerleri (W m⁻²)

İl	15/16°C	16/16°C	16/18°C	16/20°C	17/20°C
Hatay	60	66	74	93	93
Osmaniye	53	59	59	76	76
Kahramanmaraş	86	86	103	121	121

Seralarda en önemli üretim giderleri işçilik ve ısıtma giderleridir (A. Nafi Baytorun ve ark., 2018). Çizelge 3'te TR63 bölgesinde yer alan illerde bulunan yüksek teknolojiye sahip PE plastik seralarda sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulmak istenmesi durumunda yılın aylarına bağlı olarak ortaya çıkan ısı

enerjisi gereksinimleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi aylara bağlı en düşük ısı gereksinimi Osmaniye ilinde, en yüksek ısı enerjisi gereksinimi Kahramanmaraş'ta ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3. TR63 bölgesinde seralarda sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulabilmesi için aylara bağlı ısı gereksinimi (kWh m⁻² ay⁻¹)

İl	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Hatay	25.7	17.5	10.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	9.0	20.7
Osmaniye	20.9	15.9	10.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.9	16.8
K.Maraş	36.1	26.8	16.7	5.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	14.8	29.5

Çizelge 4'te TR63 bölgesinde yer alan illerde bulunan yüksek teknolojiye sahip PE plastik seralarda sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulmak istenmesi üretim

periyodu boyunca ortaya çıkan ısı gereksinimleri verilmiştir.

Çizelge 4. TR63 bölgesindeki illerde yüksek teknolojiye sahip seralarda sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulduğu koşullarda ısı gereksinimi ve yakma randımanlarına bağlı kömür miktarı

İl	Isı Gereksinimi kWh m ⁻² a ⁻¹	Kömür miktarı kg m ⁻² a ⁻¹		
		Randıman %55	Randıman %60	Randıman %65
Hatay	85.5	19.1	17.5	16.2
Osmaniye	71.8	16.0	14.7	13.6
Kahramanmaraş	132.1	29.5	27.0	25.0

Çizelgeden de görüleceği gibi aylara bağlı en düşük ısı gereksinimi Osmaniye ilinde (71.8 kWh m⁻² a⁻¹), en yüksek ısı enerjisi gereksinimi Kahramanmaraş'ta (132.1 kWh m⁻² a⁻¹) ortaya çıkmaktadır.

Seralarda ihtiyaç duyulan yakıt miktarı ısı gereksinimi yanında ısıtma sisteminin randımanına bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 4'te ısı perdeli serada sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulmak istenmesi durumunda farklı randımanlarda ihtiyaç duyulan kömür miktarları verilmiştir. Serada kullanılan ısıtma sisteminin randımanı %55 olduğunda Osmaniye'de ihtiyaç duyulan kömür miktarı 16 kg m⁻² olurken, Kahramanmaraş'ta 29.5 kg m⁻² olmaktadır. Diğer bir ifade ile Kahramanmaraş'ta serada yapılacak üretimde Osmaniye'ye oranla %46 daha fazla yakıtı ihtiyacı duyulmaktadır.

Havalandırma

Günlük ortalama sıcaklığın 12–22°C arasında olması durumunda seralarda iç ortam havasının düzenlenmesi için havalandırma yeterli olmaktadır. Seralarda iyi bir havalandırma için havalandırma açıklık alanlarının sera taban alanına oranı %20–%25 arasında olmalıdır (Baytorun, 1986). Yüksek teknolojiye sahip seralarda böceklerin seraya girmemesi için böcek tülleri kullanılmaktadır. Sase ve Christianson (1990) yaptıkları çalışmada sera havalandırma açıklıklarında böcek tüllerinin kullanılması durumunda havalandırma açıklık alanının deşarj katsayısına bağlı olarak 1.2–5 kat arasında artırılmasını gerektiğini belirlemişlerdir. Bu sebeple son yıllarda kurulan seralarda havalandırma açıklık alanlarının sera taban alanına oranı %40 alınmaktadır. Çizelge 5'te TR63 bölgesinde yer alan illerin saatlik iklim değerlerinden gidilerek serada ve dış ortamda 22°C'nin üzerindeki saatler verilmiştir.

Çizelge 5. TR63 bölgesinde yer alan illerde %40 havalandırma açıklığına sahip serada ve dış ortamda 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri

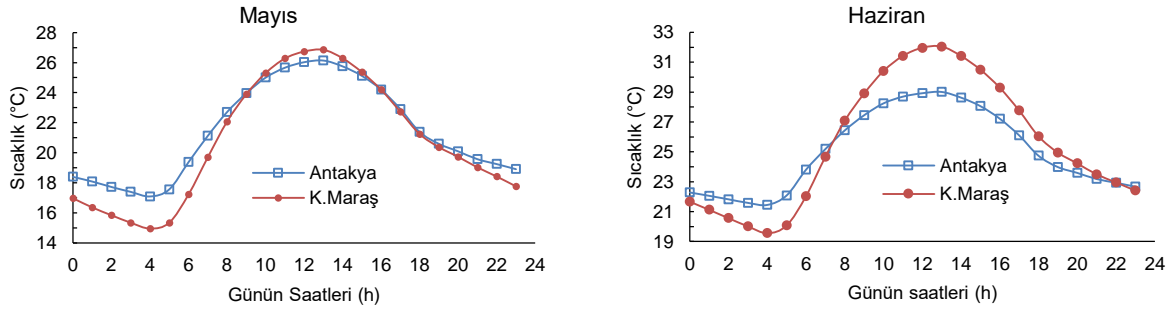
İL	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Hatay	0	0	0	35	300	602	744	744	637	274	12	0
Osmaniye	0	0	0	80	336	580	744	744	593	304	54	0
K.Maraş	0	0	0	12	248	512	737	738	505	188	0	0
Serada sıcaklığın 22°C'den yüksek olduğu saat sayısı												
Hatay	0	0	0	102	330	606	744	744	641	293	29	0
Osmaniye	0	0	25	224	378	592	744	744	595	327	121	0
K.Maraş	0	0	0	82	327	536	739	739	522	257	18	0

Çizelgeden de görüleceği gibi TR63 bölgesinde bulunan illerde dış ortam sıcaklıkları Nisan-Kasım döneminde 22°C'nin üzerine yükselmektedir. Ancak serada havalandırma sadece sıcaklık kontrolü için yapılmamaktadır. Havalandırma aynı zamanda serada nem ve CO₂ yoğunluğunun düzenlenmesi içinde yapılmaktadır. Belirtilen nedenle tüm yıl boyunca dış sıcaklık değerleri kritik değerlere ulaşmadığı sürece serada havalandırma yapılmaktadır. Nisan-Kasım dönemlerinde serada sıcaklığın düzenlenmesi için havalandırma yapılmalıdır.

Hatay iklim koşullarında Nisan ayında dış ortamda sıcaklığı 35 saat 22°C'nin üzerine yükselirken, %40 havalandırma açıklığına sahip serada sıcaklık 102 saat 22°C'nin üzerine yükselmektedir.

Soğutma

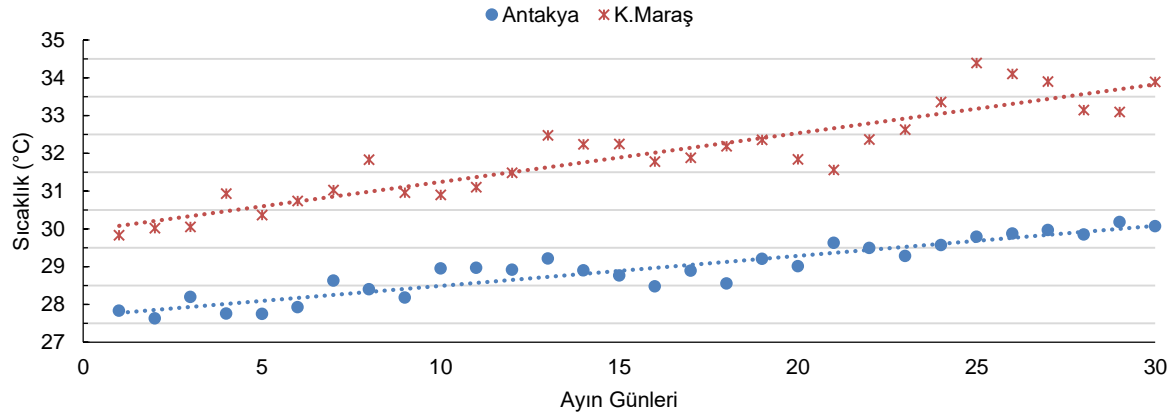
TR63 bölgesinde yer alan Hatay ve Kahramanmaraş illerinde %50 oranında gölgelendirilen ve %40 havalandırma açıklık alanına sahip seralarda Mayıs ve Haziran aylarındaki saatlik sıcaklık değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kahramanmaraş ve Hatay illerindeki %50 gölgelendirilen ve %40 havalandırma açıklığına sahip seralarda günün saatlerine bağlı sıcaklık değerleri

Mayıs ayında %50 oranında gölgelendirilen seralarda iyi bir havalandırma ile serada ulaşılan sıcaklık değerleri sınır değer olan 27°C'ye ulaşmaktadır. Haziran ayında ise seradaki sıcaklıklar gölgelemenin yapılmasına rağmen sınır değer olan 27°C'nin üzerine yükselmektedir. Belirtilen nedenle seralarda kaliteli bir

üretimin yapılması için seraların haziran ayından itibaren gündüz saatlerinde soğutulması zorunlu olmaktadır. Hatay ve Kahramanmaraş illerinde %50 oranında gölgelendirilen ve havalandırılan serada Haziran ayının farklı günlerinde saat 12.00'de ortaya çıkan sıcaklık değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Hatay ve Kahramanmaraş iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen serada Haziran ayının günlerinde saat 12.00'de ortaya çıkan sıcaklık değerleri

Şekilden de görüleceği gibi Hatay ilinde Haziran ayının ilk günlerinde saat 12.00'de ortaya çıkan sıcaklık değerleri 27.5°C olurken Haziran ayının son günlerinde 30°C'ye yükselmektedir. Kahramanmaraş ilinde ise Haziran ayının başlarında 30°C olan dış sıcaklık değerleri Haziran

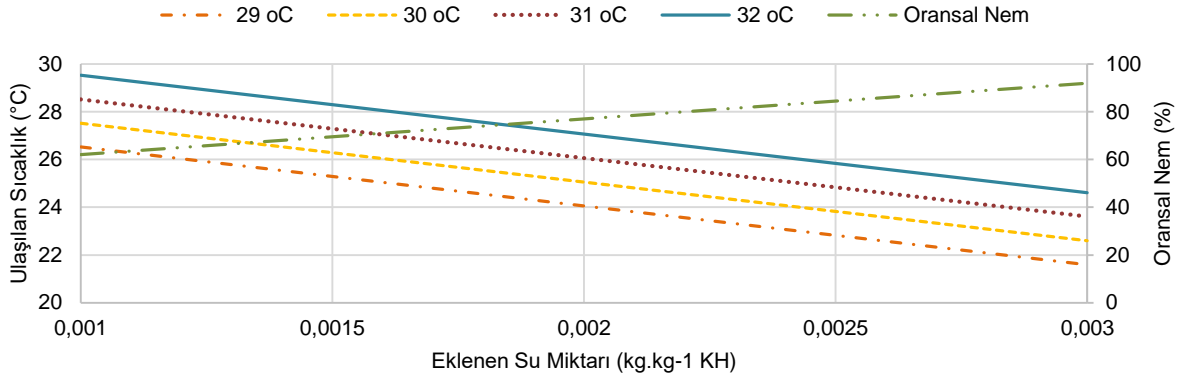
ayının sonlarına doğru 34°C'ye yükselmektedir. Çizelge 5'te TR63 bölgesinde yer alan illerde %50 oranında gölgelendirilen, havalandırılan serada ve dış ortamda sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saatler toplamı verilmiştir.

Çizelge 5. TR63 bölgesinde yer alan illerde dış ortamda ve %40 havalandırma açıklığına sahip seralarda %50 gölgelemenin yapıldığı koşullarda 27°C'den yüksek sıcaklık saatleri

İl	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Dış sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saat sayısı												
Hatay	0	0	0	0	7	192	342	371	246	69	0	0
Osmaniye	0	0	0	0	77	276	402	419	280	125	0	0
K.Maraş	0	0	0	0	31	254	394	399	239	23	0	0
Serada sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saat sayısı												
Hatay	0	0	0	0	35	230	351	383	263	85	0	0
Osmaniye	0	0	0	8	216	338	443	447	310	198	8	0
K.Maraş	0	0	0	0	77	283	418	417	269	66	0	0

Hatay ilinde Mayıs ayında dış ortamda sıcaklık sadece 7 saat 27°C'nin üzerinde seyrederken gölgelendirilen ve havalandırılan serada 35 saat sıcaklık 27°C'nin üzerinde seyretmektedir (Çizelge 5). TR63 bölgesindeki illerde gölgelendirilen ve havalandırılan seralarda 27°C'nin üzerindeki saatler Haziran ayının ilk gününden itibaren hızlı bir şekilde artmaktadır. Temmuz ve Ağustos aylarında serada sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saat sayısı ayların sahip olduğu saat sayısının yarısından daha fazladır. Diğer bir ifade ile gündüz saatlerinde seranın sürekli olarak soğutulma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

TR63 bölgesinde Mayıs ayında serada havanın sisleme ile nemlendirilmesi durumunda sıcaklığın düzenlenmesi mümkün olabilmektedir. Şekil 3'te %50 nem ve farklı sıcaklık değerlerine sahip serada havaya eklenen su miktarlarına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada hava sıcaklığının 32°C ve oransal nemin %50 olduğu koşullarda bir kg kuru havaya eklenen 2 gram su ile serada ulaşılan sıcaklık 27.1°C'ye çekilirken havanın oransal nemi %77'ye yükselmektedir.



Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda ve oransal nemin %50 olduğu koşullarda sera havasına eklenen su miktarına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık ve nem değerleri

TR63 bölgesinde bulunan illerin maksimum sıcaklık ve minimum nem değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi en yüksek sıcaklıklar Kahramanmaraş ilinde ortaya çıkmaktadır.

Kahramanmaraş'ın yüksek sıcaklık dezavantajına karşın oransal nemim düşük olması evaporatif soğutma açısından büyük avantaj sağlamaktadır.

Çizelge 6. TR63 bölgesinde yer alan illerin maksimum sıcaklık (°C) ve minimum nem değerleri (%)

İl	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
	Maksimum Sıcaklık (°C)											
Hatay	12.0	14.5	18.2	22.6	26.5	29.2	31.1	32.0	31.0	27.3	20.2	13.7
Osmaniye	14.5	16.0	19.1	23.6	27.6	31.3	33.5	34.2	32.2	28.2	21.4	16.0
K.Maraş	9.2	11.0	15.9	21.2	26.7	31.9	35.5	35.9	32.5	26.0	17.8	11.1
Minimum Nem (%)												
Hatay	53	43	42	42	42	39	40	40	43	41	41	41
Osmaniye	42	33	31	32	37	38	40	41	34	31	28	38
K.Maraş	50	37	31	25	26	21	16	17	17	25	31	42

TR63 bölgesinde bulunan illerde ortaya çıkan maksimum sıcaklık ve minimum nem değerlerine bağlı olarak %50 oranında gölgelendirilen seralarda kurulu evaporatif

soğutmada ped randımanının %70 olduğu koşullarda seralarda ulaşılan sıcaklık değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. TR63 bölgesindeki illerde serada %50 gölgelendirmenin yapıldığı, hava değişim katsayısının $200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ve ped randımanının %70 olduğu koşullarda serada ulaşılabilen sıcaklık değerleri (°C)

İL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hazir.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Hatay	-	-	-	-	-	24.7	26.5	27.3	26.8	23.4	-	-
Osmaniye	-	-	-	-	23.1	26.3	28.5	29.3	26.5	22.7	-	-
K.Maraş	-	-	-	-	-	24.1	25.7	26.3	23.7	-	-	-

Çizelgeden de görüleceği gibi Osmaniye ilinde Temmuz ve Ağustos aylarında ortaya çıkan sıcaklık değerleri 27°C 'den yüksektir. Hatay ve Kahramanmaraş illerinde ise hava sıcaklıkları belirtilen aylarda sınır değerlerde tutulabilmektedir.

Seralarda yapılan evaporatif soğutmada elektrik enerjisi gereksinimi yanında temiz su ihtiyacı büyük önem arz

etmektedir. TR63 bölgesinde bulunan illerde yapılacak evaporatif soğutmada gereksinilen su miktarı Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi serada yapılacak evaporatif soğutmada gerekli olan su miktarı iklim koşullarına ve serada ulaşılan sıcaklık değerlerine bağlı olarak 0.625 ile $1.172 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ arasında değişmektedir.

Çizelge 8. TR63 bölgesindeki illerde serada %50 gölgelemenin yapıldığı, hava değişim katsayısının $200 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ve ped randımanının %70 olduğu koşullarda serada gerekli su miktarı ($\text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)

İl	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Hatay	-	-	-	-	-	0.676	0.686	0.697	0.645	0.625	-	-
Osmaniye	-	-	-	-	0.679	0.719	0.721	0.713	0.791	0.773	-	-
K.Maraş	-	-	-	-	-	0.995	1.172	1.157	1.081	-	-	-

Türkiye'de seracılık iklimin uygun olduğu Akdeniz bölgesinde yoğunlaşan seralarda kaliteli ve yüksek verimin elde edilebilmesi için, seraların iklime bağlı olarak yılın belirli dönemlerinde farklı şekillerde iklimlendirilmesi zorunludur. Seralarda iklimlendirme alınan önleme bağlı olarak üretim maliyetini etkilemektedir.

Yatırım destek programlarına göre TR63 bölgesinde yer alan Kahramanmaraş, Osmaniye ve Hatay illeri TS825 standartlarına bağlı olarak farklı iklim bölgelerinde yer almaktadırlar. Hatay ve Osmaniye I. Bölgede yer alırken, Kahramanmaraş II. Bölgede yer almaktadır. Her üç ilimizin iklim değerleri göz önüne alındığında bu illerimizde yapılacak modern seracılık üretiminde üretim periyodu Ağustos ayının son haftasında başlayarak Haziran ayının sonuna kadar devam etmektedir.

TR63 bölgesinde yer alan illerimizde tüm yıl seralarda üretimin gerçekleştirilebilmesi için seraların ısıtılması, havalandırılması, gölgelenmesi ve soğutulması gereklidir. Serada üretim maliyeti iklimlendirme önlemlerine bağlı olarak değişmektedir. Akdeniz iklim kuşağında işçilikten sonra üretim maliyetini etkileyen en önemli unsur ısı ve elektrik enerjisidir. TS825 standartlarına göre II. Bölgede bulunan Kahramanmaraş ilinde serada sıcaklığın gece gündüz $16/18^\circ\text{C}$ 'de tutulabilmesi için gerekli olan ısı enerjisi $132.1 \text{ kWh.m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, Hatay'da $85.5 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, Osmaniye'de $71.8 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 'dir. Diğer bir ifade ile Kahramanmaraş'ta yapılacak domates üretiminde Hatay'a oranla 1.54, Osmaniye'ye oranla 1.84 kat daha fazla ısı enerjisi tüketimi ortaya çıkmaktadır. Bu durum TR63 bölgesinde bulunan Osmaniye'de seracılığın Hatay ve Kahramanmaraş'a göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

TR63 bölgesinde bulunan illerde seralarda mayıs ayından itibaren havalandırma + gölgeleme ile sıcaklığın kontrol edilmesi gereklidir. Mayıs ayının son haftasından, haziran ayının sonlarına kadar seralarda sisleme ile evaporatif soğutma yapılmalıdır. Bu yöntemle seradaki bitkilerin kısa aralıklarla yapılacak yüksek basınçlı su püskürtmeleri ile serinletilmesi mümkün olabilmektedir. TR63 bölgesinde bulunan Kahramanmaraş ili ortaya çıkan maksimum sıcaklıklar nedeniyle Hatay ve Osmaniye'ye göre dezavantaja sahiptir. Ancak

Kahramanmaraş'ta hava neminin diğer iki ile göre daha düşük olması bu ilde seralarda kurulacak evaporatif soğutma sistemlerini daha etkili kılmaktadır. Ancak fan ve ped sistemi ile yapılan evaporatif soğutma oldukça fazla elektrik enerjisi ve temiz suya ihtiyaç göstermektedir. Ayrıca sıcak dönemlerde serada üretilen tek yıllık bitkilerin dış iklim koşullarında üretilmesi seralarda üretimin devamını engellemektedir. Belirtilen nedenle TR63 bölgesinde seralarda yapılan tek yıllık bitkisel üretim Temmuz ayında sonlandırılarak seralar boş bırakılmaktadır. Ancak süs bitkileri üretimi yapılan seralarda evaporatif soğutma uygulanmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (2019) Alternatif Üretim Yöntemlerinin Geliştirilmesi Projesi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/kumelenme> (Erişim Tarihi: 01.08.2019)
- Baudoin W, Denis I, Grafiadellis M, Jimenez R, La Malfa G, Martinez-Garcia P (1990) Protected cultivation in the Mediterranean climate. FAO plant production, Rome, Italy (90).
- Baytorun A (1986) Bestimmung des Luftwechsels bei gelüfteten Gewächshäusern (Doctorate), Univ. Hannover Hannover.
- Baytorun A, Akyüz A, Üstün S (2016a) Seralarda ısıtma sistemlerinin modellemesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin geliştirilmesi. TÜBİTAK Projesi (1140533).
- Baytorun AN (2016b) Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. İstanbul: Nobel kitabevi. ISBN: 6053205616, 444s
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A (2018) Sera Isı Gereksinimi Hesaplama Modelinin "ISIGER-SERA" Çukurova Koşullarında Test Edilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(5), 699-707.

- Baytorun AN, Zaimoğlu Z, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A (2018) Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)*, 6(7), 850-857.
- Baytorun N, Akyüz A, Üstün S (2016) Sera Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Uzman Sistem" ISIGER-SERA. Tesisat Mühendisliği, 13-24.
- Çaylı A, Temizkan Y (2018) Determination of The Effect of Heat Saving Precautions and Cladding Materials on Heat Requirement via Expert System in The Kahramanmaraş Region Greenhouses. *KSU Journal Of Agriculture and Nature*, 21(3), 312-322. doi: 10.18016/ksudobil.321559
- Daka K, Gül A, Engindeniz S (2012) Production and marketing of tomatoes oriented to export in greenhouses in Muğla. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2), 175-185.
- Krug H, Liebig HP (1994) Model for planning and control of transplant production in climate controlled greenhouses. 1: Production planning. *Gartenbauwissenschaft (Germany)*.
- Rad S, Yarşı G (2005) Silifke ilçesi'nde serada domates yetiştiren işletmelerin ekonomik performansları ve birim ürün maliyetleri. *Tarım bilimleri dergisi*, 11(1), 26-33.
- Rath T (1992) Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. *Gartenbautechnische Informationen (Germany)*. no. 34.
- Sase S, Christianson LL (1990) Screening greenhouses—some engineering considerations. Paper NABEC 90-201. *ASAE/Northeast Agri. ASAE Paper*, 1(1), 1-13.
- Sirjacobs M (1988) Agro-climatological criteria for selecting the most appropriate areas for protected cultivation in Egypt. *Protected cultivation in the Mediterranean climate. Greenhouses in Egypt*, 5-12.
- TÜİK (2018) Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara.
- Verlodt H (1990) Greenhouses in Cyprus, protected cultivation in the Mediterranean climate. *FAO, Rome, Italy*.
- Von Zabeltitz C. (1986) *Gewachshauser - Handbuch des Erwerbsgartners*. Stuttgart: Ulmer -Verlag.
- Von Zabeltitz C. (2011) *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control*, Berlin, Springer, 285-311.



Comparison of two lateral move irrigation machines commonly used in Turkey in respect of water uniformity coefficient

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan iki doğrusal hareketli sulama sisteminin eş su dağılım katsayısı açısından karşılaştırılması

Hüseyin T. GÜLTAŞ¹, Yeşim AHI², Daniyal D. KÖKSAL³, Murat KARAER¹

¹Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Sciences, University of Bilecik Şeyh Edebali, 11230, Bilecik, Turkey.

²University of Ankara, Institute of Water Management, 06135, Ankara, Turkey

³Mediterranean Agronomic Institute of Bari / CIHEAM, Land and Water Division, 70010, Bari, Italy.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:25.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Linear move irrigation system, performance test, operating principles, wetted area

Corresponding author: Hüseyin T. GÜLTAŞ

✉: gultasht@gmail.com

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The purpose of this paper is to define some criteria such as uniformity coefficient, features of machines, which is used commonly in Thrace region for field crops to be used in system design. In this study, the water distribution tests were performed standards and the Christiansen's uniformity coefficient (CU) was determined in order to control the uniformity of the water distribution throughout the wings.

Methods and Results: Within the scope of the test, 6 mm nozzle diameter, 30, 40, and 50 m h⁻¹ operating speed were used. The wind velocity and prevailing direction is the factor that causes negative influence on water application. Therefore, they were taken into consideration the wind velocity from 0.5 m s⁻¹ to 2 m s⁻¹. The performance test was applied on two different types of irrigation movement machines that have different wing lengths, where 11 and 17 collectors were placed on the left and the right side of the wings. The amount of water collected in the collectors was measured and CU was calculated. As a result, water uniformity coefficients values were varied between 74.72-86.50%.

Conclusions: It is advantageous that the wing height and length of one of the machines can be adjustable, it is advantageous that the flow and speed control of the other one's can be done with electronic panel. So, these machines should be tested and developed by crop cultivation.

Significance and Impact of the Study: The importance of the study is to improve the system performance, to ensure uniform water distribution on the field surface, to improve the water application efficiency and to develop recommendations for machine manufacturers and users in parallel to increase production capacity.

Atf / Citation: Gültaş HT, Ahi Y, Köksal DD, Karaer M (2019) Comparison of Two Lateral Move Irrigation Machines Commonly Used in Turkey in Respect of Water Uniformity Coefficient. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :101-105

INTRODUCTION

Water is being applied to millions of acres of irrigated lands by many types of sprinkler and surface-irrigation systems. Uniform water distribution by these systems is

necessary to maximize crop yield and quality. Also, uniform water distribution is necessary for more efficient use of the available irrigation water supplies. For these reasons, improvement in water distribution by

both sprinkler and surface irrigation systems is very important to irrigated agriculture (Pair, 1968).

Chávez et al. (2010) indicated that water uniformly applied within the irrigated area makes it possible to maximize yield, optimize nutrients uptake by plants and reduce problems of groundwater contamination due to leaching. These authors also stated that mechanical lateral-move irrigation systems have potential to cause high levels of water application uniformity.

It is important that linear moving sprinkler systems, which have been used in recent years, be used correctly. Knowing the amount of water supplied by the system and the water distribution pattern is of great importance for the proper use of the system. Sprinkler irrigation machine, which is used especially in frequently grown field crops, has the advantage that the labour requirement is very low, different irrigation doses can be applied easily, water losses are low, equipment does not remain in the field at the end of irrigation, and a high uniform water distribution is provided (Bahçeci, 2006). According to Duke (2006), operating pressure of the system and wind speed condition at the application time is very important and effect on the uniformity of water. So we could be saying that the usage of linear-move irrigation machine would be very useful of irrigation at large areas. For this purpose, we tested these machines and evaluated some criteria of its. This test produces data to be used in computing the coefficient of uniformity, which can assist in system design and/or selection, and can be used to quantify certain aspects of system performance in the field. The coefficient of uniformity is only one factor in evaluating total system performance (ASAE, 2012).

MATERIAL and METHODS

Theory and modelling

Test procedure was prepared according to ASAE S436.1: 1996 standards (ASAE, 2012) to determine the performance of the linear moving sprinkler system used in the experiment.

If a portion of the area under the pipeline is used for the water supply system and not for crop production, that distance should not be included in the definition of the effective length. For this case, the effective length is the distance between the terminal sprinkler and spray devices on each end of the lateral, plus 75% of the wetted radius of each terminal water applications device, minus the distance used for the water supply system. For this case, the effective length is the distance between the terminal sprinkler and spray devices on each end of the lateral, plus 75% of the wetted radius of

each terminal water applications device, minus the distance used for the water supply system. A collection of water distribution devices fitted to the outlets of a lateral move system. The devices may consist of sprinklers, spray devices, piping, pressure or flow control devices, and supporting plumbing designed for a specific machine and set of operating parameters (ASAE, 2012). The Christiansen's distribution coefficient (CUC), one of the most important criteria used in determining water distribution performance, was developed by Christiansen (1942) and is also expressed in the literature as The Christiansen's distribution coefficient (CU). In terms of ensuring a distribution in sprinkler heads, distribution coefficient values are not required to be less than 84% (Çalgıcı, 2011).

The coefficient of uniformity for a lateral move is calculated using the Christiansen formula;

$$CU_c = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - V_a|}{\sum_{i=1}^n V_i} \right] \quad \text{Eq.(1)}$$

where:

- CUC : The Christiansen uniformity coefficient;
- n : The number of collectors used in data analysis;
- V_i : The volume of water collected in the i th collector (mL),
- V_a : The arithmetic average volume caught by all collectors (mL).

Test Conditions and Procedures

Collectors are placed parallel to the wing of the irrigation machine, perpendicular to the main pipe. The height of the collectors selected 120 mm. The collector was determined of a light color to reflect solar radiation and minimize evaporation. The collectors were located so those do not interfere with the measurement of water application as shown in Fig. 1. The wind speed was consistently observed by anemometer from the Meteorology station (Metos, serial number 00203626), which has been locating 150 m close to the work area, along the rest.

The desired test pressure was specified prior to the test. For many applications the specified test pressure should match the pressure used to design the sprinkler package on the machine. The test pressure was recorded and being maintained during the test to within $\pm 5\%$ of the specified test pressure. The machine operated at a speed that will deliver an average depth of application of not less than 15 mm. The irrigation system operated long enough for the water application pattern to completely pass over all collectors (Fig. 2).

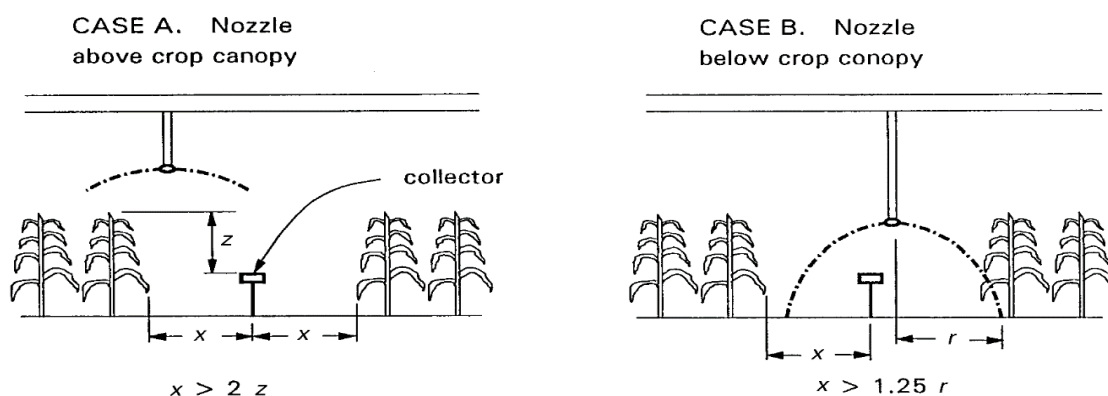


Figure 1. Collector layout for determining the water distribution of lateral move irrigation machines (ASAE, 2012)

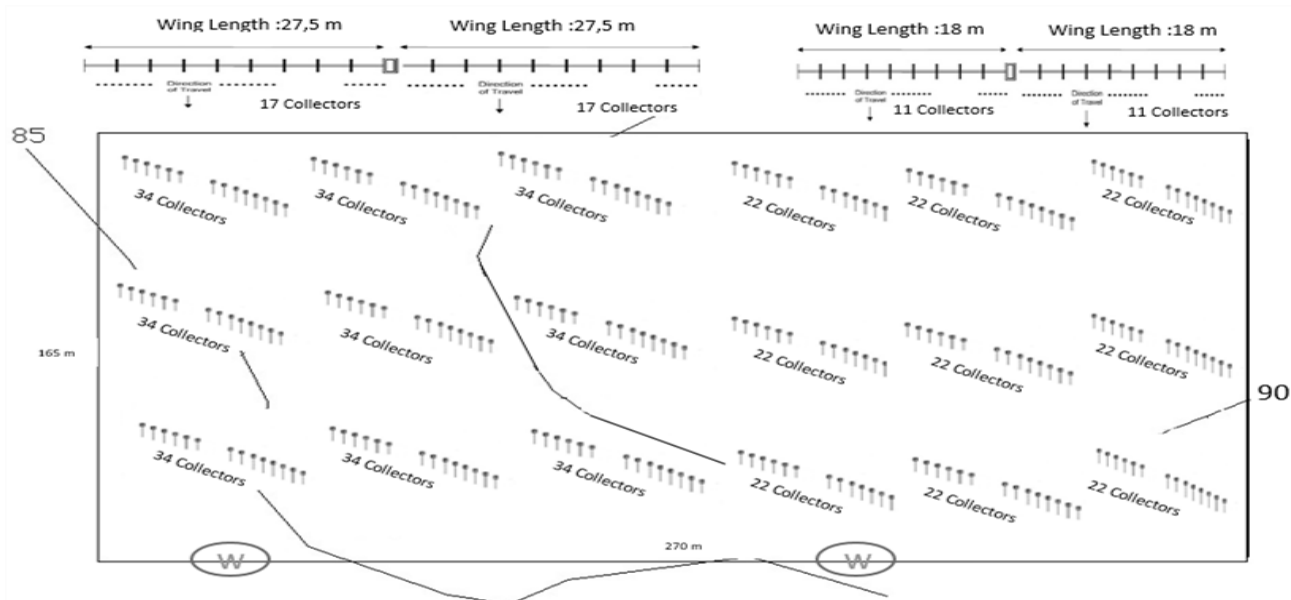


Figure 2. The layout of tests

RESULTS and DISCUSSION

In this study, the water distribution tests were performed according to standards and the Christiansen uniformity coefficient (CUC) were determined in order to control the uniformity of the water distribution throughout the wings. As we know that the Christiansen uniformity coefficient should be higher than 84% for being acceptable of water distribution. The performance test was applied on 2 different types of irrigation movement machines that have different wing lengths, where 11 and 17 collectors were placed on the left and the right side of the wings. The amount of water collected in the collectors was measured, which was repeated as 3 replicates (Fig. 3). Figure 3 shows those

different area topographic conditions in terms of altitude, position distance of water resources etc.

They were taken into consideration the wind velocity from 0.5 m s^{-1} to 2 m s^{-1} . Within the scope of the test, 6 mm nozzle diameter, 30, 40, and 50 m h^{-1} operating speed were used.

As a result of this study, when the speed of the Type-1 linear-move irrigation system was kept constant at 50 m h^{-1} , performance decreased when the wing height was measured at 1.8 m, 1.5 m and 1.0 m heights. On the other hand, when the speed of the linear-move irrigation system was kept constant at 40 m h^{-1} and 30 m h^{-1} speed, it was observed that the performance of the irrigation system was decreased by decreasing the height of the wing to 1,8m 1,5m and 1,0 m. Another result is that the CU distribution decreases when the wing height was

kept constant at 1.8 m, 1.5 m and 1.0 m for each height and its performance at 50 m h⁻¹, 40 m h⁻¹ and 30 m h⁻¹ was measured.

As the test measurements were performed simultaneously, all climatic parameters were fixed for both irrigation systems. Therefore, when the two irrigation systems were compared, it was observed that the performance of Type-1 linear-move irrigation system increased when the height of the wing from the ground was decreased and the performance of the Type-2 linear-move irrigation system remained constant. Results of the tests have shown total and graphically on Fig. 3.

When the previous studies in the literature are examined, it is seen that the results obtained in the research coincide with the studies. In the researches, it is explained that the speed of linear move irrigation system, the wind speed during the operation of the machine and the equal water distribution are important in both water and plant nutrient applications.

In addition, it is stated that timely and correct machine maintenance is effective in uniform water distribution (Howell & Phene 1983; Silveira et al. 1987; Fraisse et al. 1995; Omary et al. 1997; Bahçeci et al. 2008; Nörenberg et al. 2017).

CONCLUSIONS

Considering all the results, linear-move irrigation machine could be useful of large areas due to easy-use operating procedure, highly effective water distribution and etc. The tests have shown that the annual maintenance of the linear-move irrigation system has a significant effect on the decrease in CU. The other hand, the high initial investment cost can be considered as a disadvantage.

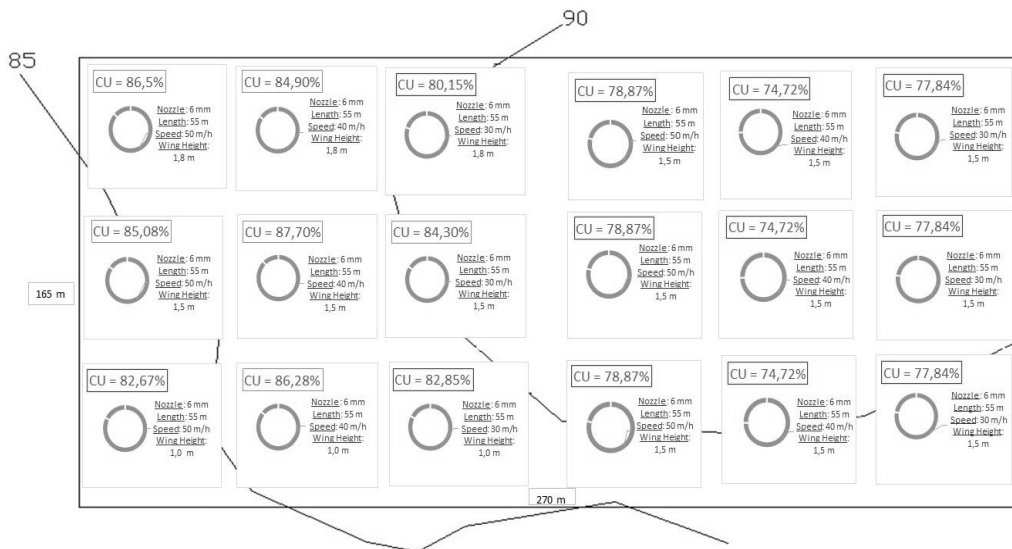


Figure 3. Graphical scenery of results of the machine tests

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Trakya bölgesinde tarla bitkileri için yaygın olarak kullanılan hareketli yağmurlama sistemlerinin tasarımında dikkate alınması gereken eş su dağılım katsayılarının belirlenmesidir.

Yöntemler ve Bulgular: Araştırmada, sistem kanatları boyunca eş su dağılımının kontrolü amacıyla Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ilgili standartlara göre test edilerek bulunmuştur. Test kapsamında başlıklarda 6 mm meme çapı, 30, 40 ve 50 m h⁻¹ makine hareket hızı uygulanmıştır. Rüzgâr hızı, su uygulaması

üzerinde oldukça önemli etkiye sahip olduğundan testler 0.5 m s⁻¹ ile 2 m s⁻¹ rüzgâr hızı aralığında gerçekleştirilmiştir. Performans testleri, kanatların sol ve sağ tarafına 11 ve 17 toplayıcının yerleştirildiği farklı kanat uzunluklarına sahip iki farklı doğrusal hareketli sulama sistemine uygulanmıştır. Toplayıcılarda toplanan su miktarları ölçülmüş ve Christiansen eş su dağılım katsayıları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Eş su dağılım katsayıları %74.72-86.50 arasında değişmiştir.

Genel Yorum: Test edilen makinelerin kanat yüksekliğinin ve uzunluğunun ayarlanabilir olması, akış ve hız kontrolünün elektronik panel ile yapılabilmesi gibi

üstünlükleri tespit edilmiştir. Ancak, makinelerin ürün yetiştiriciliğine paralel olarak test edilmesi ve geliştirilmesi önerilmektedir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çalışmanın önemi, sistem performansının yükseltilmesi, tarla yüzeyinde eş su dağılımının sağlanması, su uygulama randımanının artırılması ve paralelinde üretim kapasitesinin yükseltilmesi için makine üreticileri ve kullanıcılarına önerilerin geliştirilmesidir.

Anahtar kelimeler: Doğrusal hareketli sulama sistemi, performans testi, işletme özellikleri, ıslatılan alan

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks to Organization of Ziya Organic and of two machine companies for their technical support.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declare no conflict of interest for this study.

REFERENCES

- ASAE (2012) American Society of Agricultural Engineers 1996 test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles.
- Bahçeci P (2006) Tamburlu yağmurlama sulama sisteminin performans analizi ve Harran Ovası koşullarında kullanım olanakları. Yüksek Lisans Tezi, FBE, Harran Üniv., Urfa.
- Bahçeci İ, Tarı AF, Dinç N, Bahçeci P (2008) Performance analysis of collective set-move lateral sprinkler irrigation systems used in Central Anatolia. Turk J. of Agric. For. 32: 435-449.
- Chavez JL, Pierce FJ, Evans RG (2010) Compensating inherent linear move water application errors using a variable rate irrigation system. Irrig. Sci. 28: 203-210.

- Çalgıcı O (2011) Yerli üretim doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin Trakya koşullarında izleme ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, FBE, Namık Kemal Üniv., Tekirdağ.
- Duke MD (2006) Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. Appl. Eng. Agric. 22(4): 541-548.
- Fraisse CW, Heermann DF, Duke HR (1995) Simulation of variable water application with linear move irrigation systems. Trans. of the ASAE 38(5): 1371-1376.
- Howell TA, Phene CJ (1983) Distribution of irrigation water from a low pressure, lateral-moving irrigation system. Trans. of the ASAE 1422-1434.
- Nörenberg BG, Faria LC, Neto R, Beskow S, Colombo A, Timm LC, Manke EB (2017) Wind speed and direction on water application uniformity of a mechanical lateral-move irrigation system. Appl. Eng. in Agric. 33(4): 543-549.
- Omary M, Camp CR, Sadler EJ (1997) Center pivot irrigation system modification to provide variable water application depths. ASAE, 13(2): 235-239.
- Pair CH (1968) Water distribution under sprinkler irrigation. Trans. of the ASAE 648-651.
- Silveira RCM, Hills D, Yates WE (1987) Insecticide oil distribution pattern from a linear move spray head. Trans. of the ASAE 30(2): 38-41.
- Balıkesir Province from Agricultural Residues. Proceedings Book III of International Symposium of Bandırma and Its Surroundings, September 17-19, Bandırma, Turkey. pp 469-477.
- Velázquez-Martí B, Fernández-González E, López-Cortés I, Callejón-Ferre AJ (2013) Prediction and evaluation of biomass obtained from citrus trees pruning. Journal of Food, Agriculture & Environment. 11: 1485-1491



Determination of the average temperature data: Antalya and Alanya case

Ortalama sıcaklık verisinde gidişlerin belirlenmesi: Antalya ve Alanya örneği

Mete ÖZFİDANER¹, Duygu ŞAPOLYO UÇAN², Fatih TOPALOĞLU²

¹ Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erdemli, Mersin, Turkey

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Balcalı, Adana, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Mediterranen, trend, climate change, Mann-Kendall, temperature

✉ Corresponding author: Mete ÖZFİDANER

✉: mete.ozfidaner@tarimorman.gov.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: In this study, it is aimed to determine the average monthly temperature data of Antalya and Alanya temperature observation stations (1975–2018).

Methods and Results: In this study, the long-term climate values of the provinces in TR63 region have been determined and the temperature values reached during different periods of the air conditioning and production period, the required heating, ventilation, cooling times and the required fuel and cooling water amount have been determined. Heat requirement was calculated by using ISIGER-SERA expert system model using hourly temperature, solar radiation and wind speed values considering the temperature rise in the greenhouse. The heat energy required for keeping the greenhouse temperature at 16/18 °C day and night is 132.1 kWh m⁻² a⁻¹ in Kahramanmaraş province in the second region according to TS825 standards. The provinces in the first region were calculated as 85.5 and 71.8 kWh m⁻² a⁻¹ for Hatay and Osmaniye respectively.

Conclusions: In general, temperatures tend to increase in Antalya and Alanya stations.

Significance and Impact of the Study: The tendency to increase and decrease in temperature can be related to climate change. The increase in temperature shows very important agricultural results. In this context sowing high temperatures. may cause changes in planting and harvesting times.

Atf / Citation: Özfıdaner M, Şapolyo Uçan D, Topaloğlu F (2019) Determination of the average temperature data: Antalya and Alanya case. MKU. Tar. Bil. Derg. 24 (Özel Sayı) :106-111

GİRİŞ

İlkel toplumdaki günümüze kadar her alanda yaşanan gelişim, beraberinde birçok sorunu da getirmiştir ve getirmeye devam etmektedir. Nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan, karbondioksit ve diğer sera gazlarının salınımı gibi insan faaliyetleri; sıcaklığı, yağışları etkilemekte ve küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. Daha önceleri doğal nedenlere bağlı olarak uzun yıllarda yavaş yavaş değişim gösteren iklim, artık günümüzde önemli derecede hissedilebilecek hızlı bir değişim sürecine girmiştir. Geçtiğimiz son 20-30 yıl, en azından 1400 yılından

günümüze kadar ki dönemde karşılaşılan en sıcak yıllar olarak gözükmektedir (Türkeş ve ark., 2002). 19. Yüzyılda hız kazanan sanayi devrimi ile birlikte atmosferdeki konsantrasyonu artan ve sera gazları olarak adlandırılan gazların (başta karbondioksit olmak üzere, metan, azot oksitler, florokloro karbonlar vb.) yeryüzünden yayılan uzun dalga radyasyonu tutması nedeniyle ortalama yüzeysel hava sıcaklıklarında belirgin bir artış saptanmıştır. Nitekim geçen yüzyılda 1906 ile 2005 arasında küresel ortalama sıcaklıkta 0.74 °C'lik bir artış olduğu belirlenmiştir (IPCC, 2007). İklim değişikliği ve küresel ısınma yaygın olarak sıcaklık, yağış, buharlaşma, nem, güneşlenme şiddeti, rüzgâr gibi

parametreler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilebilmektedir. Bu parametrelerden hava sıcaklığı ve yağış, genellikle iklim değişikliği konusunda diğer parametrelere göre daha fazla öneme sahiptir. Sıcaklık ve yağış parametreleri hakkında elde edilen doğru bilgi, su kaynaklarının optimum kullanımı, sel ve kuraklık kontrolü, iklim değişikliğinin değerlendirilmesi ve etkin su yönetimi için önemli bir başlangıç noktasıdır. Su kaynakları, yağış (Özfidaner, 2007; ; Topaloğlu ve Özfidaner, 2012; Özfidaner ve ark., 2015), sıcaklık (Salinger ve ark., 2001; Özfidaner ve ark., 2015, 2016, 2018), akım (Topaloğlu, 2006a,b, Topaloğlu ve ark., 2012; Özfidaner ve ark., 2015, 2018), tarımsal faaliyetlerdeki ve arazi kullanımındaki (Gebert ve Krug, 2006) değişikliklere karşı son derece hassastır. Türkiye iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından “risk grubundaki ülkeler” arasında sayılmaktadır (Yamanoğlu, 2006; Anonim, 2014a). Araştırmacılar, iklim kuşaklarının ekvatoran kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabileceğini, bunun sonucunda Türkiye'nin, bugün Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da hâkim olan sıcak ve kurak iklim kuşağının etkisine girebileceğini belirtmişlerdir (Türkeş, 1998).

Özfidaner ve ark. (2015) Mersin istasyonunda bütün aylar da minimum sıcaklıklarda önemli artış, Silifke istasyonunda ilkbahar ve yaz aylarında önemli artış belirlenmiştir. Maksimum sıcaklıklarda ise Silifke istasyonun da Mayıs ve Ekim aylarında azalma diğer aylarda artış, Mersin istasyonun da ise Mart ayında azalma belirlenirken yaz aylarında önemli artış eğilimleri belirlemişlerdir. Yıllık maksimum ve minimum sıcaklık verilerinde ise iki istasyon içinde önemli artış bulunmuştur. Türkeş ve ark. (2002) çalışmasında iklim değişikliği konusuna gösterilen ilginin beklenen bir sonucu olarak, geçen on yılda, Akdeniz Havzası ve çevresindeki ülkeler için, uzun süreli yüzey hava sıcaklığı değişimleri ve eğilimleri ile Akdeniz Havzası boyunca etkili olan atmosfer dolaşımı tipleriyle bağlantılı değişimler ve anomaliler konusunda çok sayıda çalışma yapıldığını belirtmişlerdir. Türkiye için yapılan önceki çalışmaların sonuçlarına göre (Türkeş, 1995; Türkes ve ark., 1995; Kadioglu, 1997; Tayanç ve ark., 1997), Türkiye'nin büyük bir bölümünde, yıllık ve mevsimlik ortalama yüzey hava sıcaklıklarında, özellikle yaz mevsiminde, genel bir azalma (soğuma) eğiliminin olduğunu belirtmişlerdir. Öte yandan, Türkiye'nin büyük bir bölümünde, mevsimlik minimum sıcaklık dizilerinde genel bir artma (ısınma) eğilimi ve maksimum sıcaklık dizilerinde -ilkbahar dışında- genel bir azalma eğiliminin belirgin olduğu bulunmuştur (Türkeş ve ark., 1996). Ancak, bu durum yaklaşık son 10 yılda, özellikle yılın sıcak

döneminde, değişmeye başlamıştır (Erlat, 1998, 1999; Türkeş, 2000).

Türkiye ortalama ve maksimum sıcaklıklarda soğuma eğilimleri zayıflamış ve daha az anlamlı hale gelmiştir (Türkeş ve ark., 2002). Karabulut (2012) Doğu Akdeniz de 1965-2008 yılları arası maksimum ve minimum sıcaklıklarda belirgin artışların gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca mevsimsel olarak da önemli artışların meydana geldiğini belirlemişlerdir. Efe ve ark., (2015) Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada maksimum ve minimum sıcaklıklarda Akdeniz bölgesinde genel olarak azalma eğilimi belirlemişlerdir.

Dünyada ve Türkiye'de, sıcaklık (Yue ve Wang, 2002; Kömüşçü. 1998; Türkeş, 2004; Özfidaner, 2015), eğilimi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Türkiye sıcaklık gözleminde kullanılan istasyonlarının yeterli sıklıkta kurulmaması, kayıt süresinin istatistiksel çalışmalara imkan verecek ölçüde uzun olmaması, doğal afetler, insan etkisi, gözlem metodu ve verilerin saklanması sistematik hatalar gibi birçok faktörün etkisiyle rastgele olma özelliğini kaybederek heterojen özellik göstermeye başlaması gibi nedenlerden dolayı da sıcaklıklarda zamanla görülebilecek artma veya azalma yönündeki gidişlerin de plan, proje ve işletilmesinde göz önüne alınması gerekmektedir. Bu nedenle, bu tür çalışmalara başlamadan önce, verilerin gidiş özelliğinin kontrol edilmesi gereklidir (Topaloğlu, 2006a)

Bu çalışma Antalya ve Alanya istasyonun da aylık ortalama sıcaklıklardaki olası gidişin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla istasyonlara ait 44 yıllık (1975–2018) ortalama sıcaklık verilerinin gidişini belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall sıra korelasyon testi uygulanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada; Akdeniz bölgesinde bulunan, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen Antalya ve Alanya istasyonunun 1975–2018 yılları arasında ölçülen aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu kayıt döneminin seçilmesinin temel nedeni, aynı kayıt dönemine sahip en fazla sayıda istasyonun bu yıllar arasında olmasıdır. Bir yağış ya da sıcaklık gözlem istasyonunun verileri zaman içinde sürekli artar veya azalırsa serinin bir gidişe sahip olduğu söylenebilir. Yağış yada sıcaklık verilerinin toplanış sırası ile aldığı değerler arasında önemli bir korelasyonun olup olmadığını belirleyen gidiş analizi için geliştirilmiş Spearman, ve Mann-Kendall sıra korelasyon testleri gibi bir çok parametrik testler mevcuttur. Bu çalışmada doğrusal ve doğrusal olmayan gidişlerin ortaya çıkarılmasında etkili, basit ve dağılımdan bağımsız olan ve sıra istatistiklerine

dayanan bir yaklaşım olan Mann-Kendall sıra korelasyon testi kullanılmıştır.

Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi

Parametrik olmayan Mann-Kendall istatistik testi hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki gidişlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça sık kullanılan bir testtir (Yue ve Wang, 2002). Bu gidiş testi $i = 1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılır ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile aşağıdaki denklemde verildiği gibi kıyaslanır.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_i \\ 0 & ; x_j = x_i \\ -1 & ; x_j < x_i \end{cases} \quad \text{Eş (1)}$$

Mann-Kendall test istatistiği S ise Denklem ile hesap edilebilir.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{Eş (2)}$$

Denklemde n yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir.

$$E[S] = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18} \quad \text{Eş (3)}$$

Burada, t_i değeri i uzunluğundaki bir seride bağlı gözlemleri göstermektedir. Eşitlikteki toplama terimi sadece veride bağlı gözlem olduğunda kullanılır. Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z ise denklem te verildiği gibi hesaplanabilmekte ve seride gidiş (trend) yoktur sıfır hipotezi (H_0) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan standart normal dağılım göstermektedir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S < 0 \end{cases} \quad \text{Eş (4)}$$

Sıfır hipotezi Mann-Kendall test istatistiği $-z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2 \leq Z \leq z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2$ ise kabul edilmektedir. Artı Z değeri akımlarda artışı gösterirken, eksi Z değeri azalışa işaret etmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Akdeniz bölgesinde bulunan ve verileri istatistiksel analize imkan verecek ölçüde yeterli olan Antalya ve Alanya sıcaklık gözlem istasyonunun 44 yıllık (1975-2018) aylık ortalama sıcaklık verilerindeki olası gidiş %5 önem düzeyinde Mann-Kendall sıra korelasyon testi ($-1.96 \leq Z \leq 1.96$) kullanılarak test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 1 de sunulmuştur.

Antalya İstasyonu Ortalama Sıcaklıkların Mann-Kendall Analiz Sonuçları

Antalya istasyonunda 1975-2018 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık verilerinin gidiş analiz sonuçları çizelge 1 de verilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık verilerinde %5 önem seviyesinde artış eğilimleri görülmektedir. Antalya istasyonunda yıl içinde bütün aylar da ortalama sıcaklıklarda artış belirlenmiştir. Ocak ve Aralık aylarında ortaya çıkan artış istatistiki anlamda önemsiz çıkmıştır. Diğer aylarda ise istatistiki anlamda önemli artış eğilimleri saptanmıştır. Bu dönemde en fazla sıcaklık artışı 0.069°C ile Ağustos ayında, $0,050^\circ\text{C}$ ile temmuz ve 0.044°C ile eylül ayında meydana gelmiştir. Bu dönemde önemli artışların en az olanı ise 0.033°C ile Nisan ve Mayıs ayında meydana gelmiştir. Ayrıca yıllık ortalama sıcaklık verilerinin analizi sonucu önemli artışın meydana geldiği Çizelge 1 den görülmektedir. Yıllık artış değeri ise 0.036°C olarak tespit edilmiştir. Karabulut (2012) çalışmasında 1965-2008 tarihleri arasındaki yıllık minimum sıcaklık değerlerinde %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak önemli artış belirlemiş ve çalışmamız ile paralel sonuçlar bulmuştur. Türkeş ve ark. (2002) çalışmalarında yıllık minimum sıcaklık değerlerinin Adana istasyonu için istatistiksel olarak önemli artma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Buna karşılık Efe ve ark. (2015) yılında yaptıkları çalışmada 1950-2013 yılları arasındaki yıllık minimum sıcaklık verilerinde azalma eğilimi tespit etmişlerdir.

Çizelge 1. Antalya İstasyonu ortalama sıcaklıkların Mann-Kendall trend analizi sonuçları

Aylar	Z istatistiği	Q (C ⁰ /yıl)
Ocak	0.42	0.005
Şubat	2.09*	0.037
Mart	2.26*	0.034
Nisan	2.38*	0.033
Mayıs	2.87*	0.033
Haziran	2.94*	0.039
Temmuz	3.46*	0.050
Ağustos	5.17*	0.069
Eylül	3.78*	0.044
Ekim	2.67*	0.038
Kasım	2.29*	0.036
Aralık	1.79	0.025
Yıllık	3.90*	0.036

* % 5 önem seviyesini temsil etmektedir.

Alanya İstasyonu Ortalama Sıcaklıkların Mann-Kendall Analiz Sonuçları

Alanya istasyonunda 1975-2018 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık verilerinin gidiş analiz sonuçları çizelge 2'de verilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık verilerinde %5 önem seviyesinde artış eğilimleri görülmektedir. Alanya istasyonunda yıl içinde bütün aylar da ortalama sıcaklıklarda istatistiksel anlamda önemli artış eğilimleri saptanmıştır. Bu dönemde en fazla sıcaklık artışı 0.108 °C ile Ağustos ayında, 0.097 °C ile Temmuz ve 0.085 °C ile Haziran ayında meydana gelmiştir. Bu dönemde önemli

artışların en az olanı ise 0.033 °C ocak ayında meydana gelmiştir. Ayrıca yıllık ortalama sıcaklık verilerinin analizi sonucu önemli artışın meydana geldiği Çizelge 2'de görülmektedir. Yıllık artış değeri ise 0.036°C olarak tespit edilmiştir. Yaz sıcaklıkları, ilkbaharda olduğu gibi, artma eğilimi göstermiştir. Bu istasyonun kentleşmiş ya da hızla kentleşmekte olan yerleşimlerinde yer almasından kaynaklanmaktadır. Yaz sıcaklıkları, ilkbaharda olduğu gibi, artma eğilimi göstermiştir. Bu istasyonun kentleşmiş ya da hızla kentleşmekte olan yerleşimlerinde yer almasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2. Alanya İstasyonu ortalama sıcaklıkların Mann-Kendall trend analizi sonuçları

Aylar	Z istatistiği	Q (C ⁰ /yıl)
Ocak	2.08*	0.033
Şubat	3.07*	0.053
Mart	4.09*	0.062
Nisan	3.93*	0.059
Mayıs	5.07*	0.064
Haziran	5.53*	0.085
Temmuz	5.83*	0.097
Ağustos	6.33*	0.108
Eylül	5.98*	0.084
Ekim	4.22*	0.076
Kasım	3.68*	0.066
Aralık	3.26*	0.050
Yıllık	6.30*	0.036

* %5 önem seviyesini temsil etmektedir.

Aylık ortalama sıcaklıklara Antalya ve Alanya istasyonda 44 yıllık verilerle (1975–2018) parametrik olmayan Mann-Kendall sıra korelasyon testi kullanılarak yapılmıştır. Gidiş analizi sonucunda ortalama sıcaklıklarda her ay artış eğilimi belirlenmiştir. Önemli artış eğilimleri Antalya istasyonunda şubat-kasım ayları arasında görülmüştür. Aralık ve ocak aylarında önemsiz artma eğilimi bulunmuştur. Ortalama sıcaklık verilerinde Alanya istasyonunda yıl boyunca önemli artış eğilimleri

bulunmuştur. Yıllık ortalama sıcaklıklarda Antalya ve Alanya istasyonda önemli artışlar gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık artışları her iki istasyonda 0.036 °C/yıl olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, ortalama sıcaklıkların artması küresel iklim değişikliğinin bir göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan küçük sıcaklık artışları bölgede tarımsal faaliyetleri etkileyecektir. Sıcaklık artışı ile beraber yağışlarda olası bir azalma durumunda tarımsal kuraklığa

doğru bir gidişin olabileceği açıktır. Bölgede yetiştirilen ürünlerde sıcaklığa bağlı olarak erken dikim ve ekim, yetiştirme döneminde kısılma ve buna bağlı olarak ürün veriminde oluşabilecek azalma olası sonuçlar olarak ortaya çıkmaktadır (Özfidaner ve ark., 2018). Şehirlerdeki konutlarda ve sanayide artan enerji tüketimi, yeşil alanların azalması, yüzey neminin azalması, yoğunlaşan trafik, asfalt ve beton gibi yapay yüzeylerin radyasyon dengesini değiştirmesi, iklim elemanlarının alansal ve zamansal dağılışında farklılaşmaların meydana gelmesine yol açmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005).

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Antalya ve Alanya sıcaklık gözlem istasyonlarına ait ortalama aylık sıcaklık verilerinin (1975–2018) yılları arasındaki olası gidişlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Hidrolojik değişkenlerin gidiş analizi kuraklık ve iklim değişimi nedeniyle günümüzde daha fazla önem kazanmıştır. Hidrolojik zaman serilerindeki gidişin varlığı parametrik ve parametrik olmayan testlerle belirlenebilir. Bu çalışmada Mann Kendall Sıra Korelasyon testi kullanılmıştır. Araştırma sonucuna göre Antalya istasyonunda Aralık ve Ocak ayları dışında ortalama sıcaklık verilerinde Mann-Kendall sıra korelasyon testi ile önemli artma gidişleri belirlenmiştir. Antalya istasyonunun da yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde 0,036 derece yıl⁻¹ büyüklüğünde artma olduğu saptanmış ve bu artmanın istatistiksel olarak önemli olduğu sonucu belirlenmiştir. Alanya istasyonunun da ise bütün aylarda ortalama sıcaklıklarda önemli artma eğilimleri belirlenmiştir. Yıllık olarak ise önemli artış değeri 0.071 derece yıl⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Genel Yorum: Genel olarak Antalya ve Alanya İstasyonlarında sıcaklıklarda artma eğilimi belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Sıcaklıklarda görülecek artma ve azalma eğilimleri iklim değişikliği ile ilişkilendirilebilir. Sıcaklık artışı tarımsal açıdan son derece önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu bağlamda yüksek sıcaklıklar ekim, dikim ve hasat zamanlarında değişikliğe sebep olabilir.

Anahtar Kelimeler: Akdeniz, gidiş, iklim değişikliği, Mann-Kendall, sıcaklık

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (2014a) Ankara Ticaret Odası (ATO) Küresel ısınma kışkırtıcısında Türkiye Raporu. <http://www.atonet.org.tr/yeni/index.php?p=303&l=1> Erişim tarihi: 2016
- Çiçek İ, Doğan U (2005). Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 3 (1): 57-72.
- Efe B, Toros H, Deniz A (2015) Türkiye Geneli Yağış ve Sıcaklık Verilerinde Eğilimler ve Salınımlar. VII. Atmospheric Science Symposium, 28,30 April 2015
- Erlat E (1998) Küresel kayıtlardaki en sıcak yaz mı? Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi 602: 10.
- Erlat E (1999) İzmir'de maksimum sıcaklıklar ve sıcak dalgaları. Ege Coğrafya Dergisi 10: 125-148.
- Gebert WA, Krug WR (1996) Streamflow Trends in Wisconsin's Driftless Area. Water Resources Bulletin. 32(4): 733-744.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kadioglu M (1997) Trends in surface air temperature data over Turkey. International Journal of Climatology 17: 511-520
- Karabulut M (2012) Doğu Akdeniz'de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi..KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı, 2012 37-44
- Kömüşçü AÜ (1998) An Analysis of the Fluctuations in the Long-Term Annual Mean Air Temperature Data of Turkey. International Journal of Climatology Volume 18, Issue 2, pages 199–213.
- Özfidaner M (2007) Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi'. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73 s Adana.
- Özfidaner M, Şapolyo D, Topaloğlu F (2016) İç Anadolu Bölgesi Yağış Verilerinin Gidiş Analizi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı 161-168 2016 DOI: 10.17100/nevbittek.33972
- Özfidaner M, Şapolyo D, Topaloğlu F, Baydar A (2015) Mersin ilinde Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Gidiş Analizi. 12.Kültürteknik Sempozyumu Antalya.

- Sneyers R. (1990) On the statistical analysis of series of observations World Meteorological Organization (WMO). Technical note No. 143, Geneva: 192.
- Salinger MJ, Griffiths GM (2001) Trends in New Zealand Daily Temperature and Rainfall Extremes. *International Journal of Climatology*, 21: 1437-1452.
- Toros H (1993) Klimatolojik Serilerden Türkiye Genelinde Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1993.
- Topaloğlu F, Irvem A, Özfıdaner M (2012) Re-evaluation of trends in annual streamflows of turkish rivers for the period 1968-2007. *Fresenius Environmental Bulletin* Vol.21 No.8 pp.2043–2050.
- Topaloğlu F (2006a) Regional Trend Detection of Turkish River Flows. *Nordic Hydrology*, 37 (2): 165-182.
- Topaloğlu F (2006b) Trend Detection of Streamflow Variables in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* Vol 15 (7):644–653.
- Topaloğlu F, Özfıdaner M (2012) Regional Trends Of Precipitation In Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.21, pp.2908-2915.
- Türkes M (1995) Türkiye'de Yıllık Ortalama Hava Sıcaklıklarındaki Değişimlerin Ve Eğilimlerin İklim Değişikliği Açısından Analizi. *Çevre ve Mühendis* 9: 9-15.
- Türkes M (2000) Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru. *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi* 673: 20-21.
- Türkes M, Sümer UM, Kılıç G (1995) Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability. *International Journal of Climatology* 15: 557-569.
- Türkes M, Sümer UM, Demir İ (2002) Türkiye'nin Günlük Ortalama, Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıkları ile Sıcaklık Genişliğindeki Eğilimler ve Değişiklikler. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı, 11-13 Nisan 2002, İzmir, 89-106.
- Türkes M, Sümer UM (2004) Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 77: 195-227.
- Türkes M (1998) Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 18: 649-680.
- Yamanoğlu GÇ (2006) Türkiye'de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Yue S, Wang CY (2002) Regional Streamflow Trend Detection with Consideration of Both Temporal and Spatial Correlation. *International Journal of Climatology*, 22: 933-946.



Determination of the effects of irrigation in the different development periods on the efficiency and oil quality of sesame under Çukurova conditions

Çukurova koşullarında 2. ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde yapılan sulamaların verim ve yağ kalitesine etkileri

Nigar ANĞIN¹ , Volkan ÇATALKAYA¹ 

¹ Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Sesame, limited irrigation, yield, quality

✉ Corresponding author: Nigar ANĞIN

✉ nangin2006@gmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The study was carried out in the trial area of the Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute in 2015 in order to determine the effects of the irrigation on 2.crop sesame yield and oil quality in the different developmental stages of the sesame.

Methods and Results In the experiment, nine different irrigation treatments were studied according to plant developmental periods. The subject was started in the dilution period and continued during flowering-capsule binding periods. At the end of the experiment, it was determined that the seasonal water consumption values of the plants varied between 146.3-628.3 mm and yields were 135-253 kg decare⁻¹ according to irrigation subjects. Also, according to irrigation subjects, the height of the plant was 127-184 cm, the number of branches was 3.05-5.43 pieces plant⁻¹. The first capsule binding height was 33.7-42.1cm, the number of capsules was 128-295 pcs plant⁻¹, the shank thickness was 1.01-1.64 cm and the weight of 1000 grains varied between 3.59-4.03 g. In addition, the protein ratios of 24.3% -27.7% and fat ratios between 53.1% and 55.9%, palmitic acid was 9.19% -9.96%, stearic acid 4.76% -5.15%, oleic acid 39.4% -24.7% and linoleic acid It was determined that it ranged from 40.9% to 44.3%.

Conclusions: As a result, while the lowest yield was determined on the anhydrous subject, the effect of irrigation on yield and yield was statistically significant, and the effect on the values of fat and fatty acids was not significant.

Significance and Impact of the Study: In order to protect the scarce water resources, the most sensitive period for irrigation was determined by taking into account the yield and quality characteristics of the second product sesame.

Atıf / Citation: Anğın N, Çatalkaya V (2019) Determination of the effects of irrigation in the different development periods on the efficiency and oil quality of sesame under Çukurova conditions. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :112-119

GİRİŞ

Susam, dünyanın en eski kültüre alınan yağ bitkilerinden biridir. Susam, tropik ve subtropik iklim kuşağı ile uygun mikro klima bölgelerinde yetiştirilen bir bitkidir. Akdeniz ve Ege Bölgesi başta olmak üzere, Doğu Anadolu hariç hemen hemen tüm bölgelerimizde ekim alanı olan susamın hem ana ürün hem de 2. ürün olarak yetiştirme

imkânları bulmaktadır. Çukurova Bölgesi 2. ürün yetiştirme potansiyelinin oldukça yüksek olduğu bir bölgedir. Bölgede ana üründen çok 2. ürün olarak ekimi daha yaygın olmakla beraber, sulaması ile ilgili pek çok problem yaşanmaktadır.

Tarımsal işletmelerin bitkisel üretiminde verimi arttırmak ve sağlıklı bitki gelişimini sağlamak ile ilgili en kritik aşamalarından biri de hiç şüphesiz sulamadır.

Bitkinin ekiminden hasadına kadar geçen sürede önemli miktarda ürün yanlış tekniklerin uygulanması neticesinde verim ve kalite kaybına uğramaktadır. Susam sulama ihtiyacı olan ancak sulamaya karşı hassas bir üründür. İsteği doğrultusunda sulamanın yapılması ile birlikte verimini arttırma ve daha kârlı bir ürün olmasını sağlamak mümkündür. Yağ bitkileri içinde en hassas yapıya sahip olan susam, sulama miktarı ve yönteminden en fazla etkilenen ürün olması nedeniyle bu konuda yapılacak en küçük hatayı bile tolere edememektedir. Bu kadar hassas olan bu özel ürün için uygulanacak suyun da son derece bilinçli bir şekilde verilmesi gerekliliği bulunmaktadır. Geniş kullanım alanı ve en eski kültür bitkilerinden olmasına rağmen susam üretimi hala küçük

alanlarda yapılmakta ve gün geçtikçe ekim alanları daralmaktadır.

Adana ilinde yağlı tohumlu bitkilere ait üretim gerçekleşme oranları Çizelge 1’de verilmiştir. Susam ekilişi Adana ili için ana ürün olarak 2018 yılında 2,613 da, 2. üründe ise 14,773 da olarak Türkiye İstatistik Kurumu kayıtlarına geçmiştir (TÜİK, 2018). Ancak susam tarımının küçük alanlar şeklinde olduğu da kayıtlarda yerini alan bir gerçektir. Veriminin çok düşük olmasının sebepleri ise, yetiştiriciliğin susuz koşullarda, kırıç ve taşlık alanlarda yapılması, yeterli bakımın yapılmaması ve genellikle bölgede yerel çeşitlerin kullanılması olarak da söylenebilir.

Çizelge 1. Adana ilinin 2018 yılı yağlı tohum üretim durumu (TÜİK, 2018)

ÜRÜNLER	Alan (da)	Üretim (Ton)	Verim (kg da-1)
YAĞLI TOHURLAR	956,464	356,565	
Susam	17,286	1,721	100
Ana Ürün	2,613	238	95
2. Ürün	14,773	1,483	100
Ayçiçeği(Yağlık)	521,214	176,639	339
Ana Ürün (Kuru)	451,603	149,708	332
Ana Ürün (Sulu)	65,526	26,006	397
2. Ürün (Kuru)	1365	232	170
2. Ürün (Sulu)	2720	693	255
Yerfıstığı	239,584	98,834	413
Ana Ürün	149,940	65,891	439
2. Ürün	89,644	32,943	367
Soya	177,830	79,254	446
Ana Ürün	54,884	28,273	515
2. Ürün	122,946	50,981	415
Kanola(Kolza)	47	16	340
Aspir	503	101	201

Ülkede tarımı yapılan yağ bitkileri içinde önemli bir yeri olan susam, ortalama % 50-60 yağ ve % 25 protein içermektedir. Susam yağı; yüksek oranda doymamış yağ asidi (%40-50 Oleik, %5-45 linoleik, %7-9 Palmitik ve %4-5 Stearik, %0.4-1.0 Araşidonik) içeriği ile kolesterolsüz, kaliteli bir yemeklik yağdır. Susam yağı kaliteli bir yağ olmasına karşın ekonomik olmadığı için, ülkemizde daha ziyade tahin ve tahin helvası üretiminde, kuru pasta ve simit gibi unlu mamullerin yapımında kullanılmaktadır (Tan, 2012).

Susam Hindistan, Sudan ve Myanmar başta olmak üzere, dünyanın tropik ve subtropik iklim kuşaklarına sahip birçok yöresinde kültürü yapılan tek yıllık bir yağ bitkisidir. Dünya susam ekim alanı 9,983,165 ha olup, en fazla ekiliş alanına sahip ülkeler 1,800,000 ha ile Hindistan ve 1,478,158 ha ile Myanmar’dır. Fakat üretim

miktarı olarak Çin 524,156 ha’lık alandan 734,160 ton ve 119 kg da⁻¹’lık verim ile dünyada ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizde ise bu oran 28,031 ha alanda 18,410 ton’dur (FAO, 2018). Ülkemiz her yıl yaklaşık olarak bir milyar doların üzerinde yağ ve yağlı tohum ithalatı yapmaktadır. Petrol ve türevlerine ödenen ödenekten sonra en yüksek ithalat payını yağlı tohumlar almaktadır (FAO, 2017). Dünyada yağ içeriği en yüksek susam genotiplerini barındıran ülkemizde (Weiss, 1983), yağ ihtiyacımız bakımından dışa bağımlılığı azaltacak girişimlerin bir an önce başlatılması kaçınılmazdır (Uzun, 2007).

Tarımsal faaliyetlerde yüksek verim için en önemli faktörlerden birisi de sulamadır. Bitkilerin su gereksinimlerine; büyüme mevsimi uzunluğu, iklim (sıcaklık, yağış, nem, buharlaşma ve rüzgâr hızı), toprağın mevcut nem içeriği, topoğrafya ve toprak bünyesi gibi

birçok faktör etki etmektedir. Susam bitkisinin su tüketimi ve su-verim ilişkisi konusunda ülkemizde ve dünyada yapılmış oldukça sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu araştırmaların çoğu, fizyolojik ve morfolojik amaçlı oldukları belirlenmiştir. Kimi çalışmalar da yağışın efektif olduğu mikro iklimlerde yürütülmüştür.

Çukurova koşullarında susamın su tüketiminin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada; elverişli nem %50 düzeyine düştüğünde yapılacak olan sulama ile ilgili olarak en yüksek verimi 164 kg da⁻¹ olarak saptanmış ve mevsimlik su tüketimini 396,4 mm olarak hesaplanmıştır (Derviş,1981). Aynı araştırmacı, bu kez buğdaydan sonra 2. ürün susamda en yüksek verimi 166,8 kg da⁻¹ ve mevsimlik su tüketimini ise 464,6 mm olarak belirlemiştir (Derviş,1986).

Yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, içerdikleri yağ asitlerinin oranları ve kompozisyonu belirlemektedir. Yağ bitkilerinin yağ asidi kompozisyonu sürekli sabit olmayıp; türlere özgü karakteristik farklılıklar gösterdiği gibi, birçok faktöre bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu nedenle, yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonunda hangi koşullarda nasıl bir değişim meydana geleceğinin bilinmesi, yağ kalitesi açısından önemli olmaktadır (Karaca ve Aytaç, 2007).

Yağ kalitesi bakımından yüksek sıcaklıklar bitkilerde linoleik ve linolenik asit sentezi üzerine olumsuz, buna

karşın oleik asit sentezi üzerine olumlu etki yapmaktadır (Weiss, 1983; Stryer, 1986; Röbbelen ve ark., 1989).

Bu çalışmada 2. ürün olarak yetiştirilecek susamın farklı gelişim dönemlerinde uygulanan sulamaların verim, bitki su tüketimi, bitkinin vegetatif-generatif gelişimine, protein ve yağ kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanlarında yürütülmüştür. İklim dağlık ve ovalık alanlarda farklılık göstermekle birlikte tipik Akdeniz iklimi karakterindedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Çok yıllık veriler göre uzun yıllık yağış ortalaması 67.8 mm'dir.

Çalışmada enstitümüzde yapılan adaptasyon çalışması sonucu bölgemize uygunluğu tespit edilen Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 1999 yılında tescil edilmiş Orhangazi 99 çeşidi kullanılmıştır. 2015 yılı susam bitkisinin ekiminden hasada kadar geçen dönem için yağış değerleri, uzun yıllar ortalama yağış değerleri ile birlikte Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmada sulama programının başladığı Temmuz ayı ile son hasadın yapıldığı 15 Ekim tarihine kadar toplam 40.3 mm yağış gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Bitki Gelişimi Süresince Oluşan Yağış Değerleri (2015)

Yıl	Haziran (mm)	Temmuz (mm)	Ağustos (mm)	Eylül (mm)	Ekim (mm)	TOPLAM (mm)
2015	25.8	1.2	0	9.3	4	40.3
Uzun Yıllar Ort.	20	7.1	5.2	5.8	0.7	88.8

Deneme alanının farklı noktalarından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin analizi sonucunda katmanlara göre toprağın pH'ı, 7.72-8.10; elektriksel iletkenlik 0.223-0.459 dS m⁻¹; hacim ağırlığı 1.37-1.42 gcm⁻³; tarla kapasitesi 28.95-31.11 g g⁻¹, solma noktası ise 15.53-17.10 g g⁻¹ arasında değişmektedir. Deneme alanı topraklarının profil boyunca killi-tınlı olduğu ve 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 170 mm'dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri derinlik olarak 383 ve 213 mm olarak belirlenmiştir.

Denemede kullanılan sulama suyu, Aşağı Seyhan Ovası sulama sistemindeki YS6-13 kanalından pompa ile alınıp tarla içi sulama sistemi yardımıyla parsellere uygulanmıştır. Denemede kullanılan sulama suyunun EC'si 0.420 dS ml⁻¹, pH'sı 7.1 ve sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir.

Tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekrarlamalı olarak yürütülen denemede 9 sulama konusu ele alınmış ve her

konuya uygulama zamanında mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde su göllendirmeli karık sulama yöntemi ile uygulanmıştır.

Deneme Konuları;

- S₁- Yağışa dayalı (susuz) kontrol parseli,
- S₂- Seyreltme döneminde,
- S₃- Çiçeklenme döneminde,
- S₄- Kapsül bağlama döneminde,
- S₅- Seyreltme ve Çiçeklenme dönemlerinde,
- S₆- Seyreltme ve Kapsül bağlama dönemlerinde,
- S₇- Çiçeklenme ve Kapsül bağlama dönemlerinde,
- S₈- Seyreltme, Çiçeklenme ve Kapsül bağlama dönemlerinde,
- S₉- S₈ konusuna uygulanacak suyun her bir dönemde %50'si kadar su uygulanan konudur.

Araştırma parsellerinin tümü homojen bir çimlenme ve çıkışın sağlanabilmesi için ekim sonrası tarla kapasitesine getirilinceye kadar uygulanmıştır.

Susamın etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır. Ekimden itibaren toprak profilinin mevcut su içeriğinin belirlenmesi amacıyla haftada bir 30 cm'lik katmanlar halinde gravimetrik yöntemle toprak suyu ölçümleri yapılmış ve ölçümler hasada dek sürdürülmüştür.

Ekim 24.06.2015 tarihinde sıra üzeri 15 cm, sıra arası 70 cm olacak şekilde 3.5 *10 = 35 m² olarak yapılmış, ekimle birlikte tabana 25 kg da⁻¹ 20-20-0 taban gübresi uygulanmıştır. Araştırma parsellerinin tümüne homojen bir çimlenme ve çıkışın sağlanabilmesi için ekim sonrası yağmurlama sulama yöntemi ile can suyu uygulanmıştır. Vegetatif döneminde bitki sıra üzeri 25 cm olarak seyreltme yapılarak 8 kg da⁻¹ %46'lık üre üst gübre atılarak konulu sulamalara başlanılmıştır.

Her sulamadan önce belirlenen toprak su içeriği değerleri ve eşitlik 1 kullanılarak, toprak profilinin 90 cm derinliğindeki eksik nemi tarla kapasitesine getirecek miktarda sulama suyu su saatinden geçirilerek ölçülü olarak uygulanmıştır (Kanber, 2002).

$$I = Q_{fc} - Q_c \quad \text{Eş (1)}$$

Burada;

Q_c = Sulamadan önceki mevcut nem (mm)

Q_{fc} = Tarla kapasitesi (mm)

Bitki su tüketimi, su dengesi eşitliğine dayanan "Nem Azalma Yöntemi" ile hesaplanmıştır (Beyce ve Madanoğlu., 1978; James, 1988). Bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılacak su bütçesi eşitliği aşağıda verilmiştir (Eşitlik 2).

$$ET = I + P + K - D - R \pm \Delta S$$

$$\text{Burada;} \quad \text{Eş (2)}$$

I = Sulama suyu, mm

Çizelge 3. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynaklar	S.D.	Kareler Top.	Kareler Ort.	Hesap F	Prob > F
Tekerrür	2	765.017	382.5085	3.3371	0.0615
Konu	8	52316.573	6539.5716	57.0534	<.0001
Hata	16	1833.953	114.622		
Toplam	26	54915.543			<.0001

Çizelge 4. Farklı su düzeylerinin susam verimi üzerine etkisi (kg da⁻¹)

Konular	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
Verim	112	129	192	117	192	198	177	253	204
Gruplar	d	d	bc	d	bc	b	c	a	b

P = Yağış, mm

K = Kapılar yükselme, mm

D = Derine sızma, mm

R = Yüzey akış, mm

ΔS = Toprak profilindeki nem kaybı, mm

ET = Bitki su tüketimi, mm

Eşitliğin öğeleri ile ilgili olarak, I ve P değerleri ölçülmüş, kapılar yükselme (K), aşırı sulama yapılan konularda derine sızma ölçülmediği (D) ve parsel çevreleri seddelerle kapatıldığı için yüzey akış (R) sıfır kabul edilmiştir.

Bitkinin verim değerleri her parselde kenarlarda iki sıra ve parsel başlarında birer metre kenar tesiri bırakılarak, ürün hasat edilip parsel verimi dekara çevrilmiş, hasat anındaki nemi ölçülmüş ve %8 nem oranına göre hesaplanmıştır. Verim bileşenleri olarak bitki boyu, ilk kapsül bağlama yüksekliği, sap kalınlığı, kapsül sayısı, bin dane ağırlığı değerleri her parselden rastgele seçilen 10 bitki üzerinde yapılmış ve ortalama değerler bulunmuştur.

Bitkinin protein, yağ oranı ve yağ asidi kompozisyonları numune alma ve analiz metotları tebliğine uygun olarak enstitümüze bağlı yağ analiz laboratuvarında yapılmıştır. Araştırma konuları arasındaki farklılıklar varyans analizi, konu ortalamalarının karşılaştırılması ise Duncan testi ile yapılmıştır (Yurtsever, 2011).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Dane verimleri

Çalışma sonucunda farklı su düzeylerinin susam verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak %99 güvenle önemli bulunmuştur. Verime ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de, Duncan gruplandırması ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4'de görüldüğü gibi ortalamalara bakıldığında en yüksek susam verimi S₈ (tam su) konusunda (253 kg da⁻¹) elde edilmiş bu sırayı S₉ (204 kg da⁻¹), S₆ (198 kg da⁻¹), S₃ (192 kg da⁻¹), S₅ (192 kg da⁻¹), S₇ (177 kg da⁻¹) ve S₂ (129 kg da⁻¹) konusu takip etmiştir. En düşük verim ise yağışa bağlı (susuz) konuda (112 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Susam üretimine sulama zamanlarının değişkenliği verim üzerinde önemli kayıplar oluşturmuştur. Suya hassas olduğu dönemlerde tam sulama yapılan S₈ parseline uygulanan tam su konusundan alınan verim ile S₁, S₂, S₄ ve S₇ konularından elde edilen verim değerleri arasındaki farklar büyük olurken, S₃, S₆ ve S₉ konuları arasındaki verim farkları daha küçük olmuştur.

Dane verimlerinin hangi deneme konularında farklılık gösterdiğini saptamak amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları incelendiğinde 4 verim grubunun oluştuğu

görülmektedir. S₁, S₂ ve S₄ konularının aynı verim gruplarında olması tek bir gelişme döneminde yapılan sulamaların verimde bağımsız olarak düşme meydana getirdiğini ortaya koymaktadır. Susam bitkisinin suya en hassas olduğu dönem olarak belirtilen çiçeklenme döneminde yapılan sulamaların verimi en fazla etkileyen dönem olduğu belirlenmiştir.

Yetiştirme dönemlerine göre uygulanan su miktarı

Büyüme mevsimi boyunca deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 5'de görülmektedir. Çizelgeden izleneceği gibi uygulanan sulama suyu miktarları 146-482 mm arasında değişmektedir. Ekim ve hasat tarihleri arasında düşen yağışların toplamı 40,3 mm olarak ölçülmüş ve bu yağışların tamamı etkili yağış olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 5. Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

KONULAR								
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
43	180	146	181	307	354	326	482	242

Bitki su tüketimi değerleri

Araştırma sonucunda farklı zamanlarda yapılan sulamalara ait mevsimlik bitki su tüketim değerleri 146,3-628,3 mm arasında değişiklik göstermektedir. Bitki gelişim dönemlerinde yapılan su uygulamalı konularına

ilişkin mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Yağışa bağlı yetiştirilen S₁ kontrol parseline ilişkin mevsimlik bitki su tüketimi 146.3 mm, fenolojik gözlemlere göre üç kez tam sulamanın yapıldığı S₈ konusunda ise 628.3 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 6. Araştırma konularına ilişkin mevsimlik bitki su tüketimi değerleri (mm)

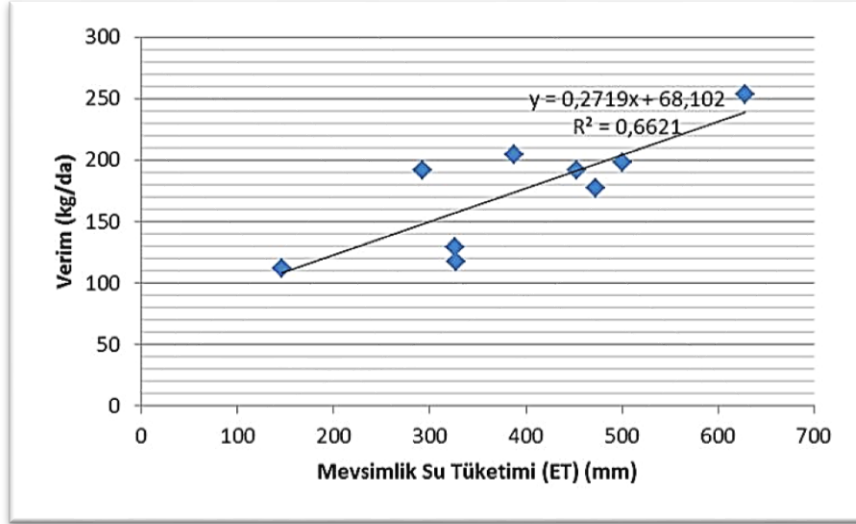
KONULAR								
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
146.3	326.3	292.3	327.3	453.3	500.3	472.3	628.3	388.3

Su verim ilişkileri

Araştırmada, konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve elde edilen verim değerlerinden yararlanılarak sulama suyu-verim ilişkisi ile bitki su tüketimi-verim ilişkisi regresyon analizleri ile araştırılmış ve korelasyon katsayısı eşitliği elde edilmiştir. Su-verim ilişkisi denklemi aşağıda verilmiştir.

$$Y = 0.2719x + 68,102$$

Şekil 1'de görüldüğü gibi sulama suyunun artışına paralel olarak konularda birim suya karşılık gelen verim artışı oldukça yüksektir. Grafik incelendiğinde maksimum verimin 628.3 mm sulama suyu uygulanan S₈ konusundan 253 kg da⁻¹ olarak elde edildiği görülmektedir. Sulama suyundan yapılacak % 50 kısıntının (388.3 mm su uygulanması) verimi çok az düzeyde (%0.2) etkileyeceği görülmektedir.



Şekil 1. Mevsimlik bitki su tüketimi- verim ilişkisi

Verim bileşenleri

Farklı sulama konularının susam bitkisindeki verim bileşenleri (bitki boyu, yan dal sayısı, ilk kapsül bağlama

yükseklği, bitkide kapsül sayısı, sap kalınlığı, bin dane ağırlığı) üzerine etkileri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Araştırma konularına ilişkin verim bileşenleri değerleri

Konular	Bitki Boyu (cm)	Bitki Yan Dal sayısı (adet)	Bitki İlk Kapsül Bağlama Yüksekliği (cm)	Bitki Kapsül Sayısı (adet)	Bitki sap Kalınlığı (cm)	Bin Dane Ağırlığı (g)
S ₁	127e	3.90d	41.6ab	137e	1.01f	3.59d
S ₂	184a	5.43ab	42.0ab	239b	1.48b	3.66cd
S ₃	147d	4.33d	39.3bc	134e	1.16def	3.72cd
S ₄	140d	3.03f	35.1de	128e	1.07ef	3.87abc
S ₅	160c	5.16bc	42.1a	188d	1.18de	3.67cd
S ₆	177ab	5.06bc	37.3cd	222c	1.64a	3.81bc
S ₇	163 c	3.80e	33.7e	182d	1.32cd	4.01ab
S ₈	179ab	5.70a	36.6cd	295a	1.34bc	4.03a
S ₉	173b	5.00c	36.8cd	231bc	1.34 bc	3.79cd
P	**	**	**	**	**	*
CV	3.23	4.65	4.07	4.85	6.99	3.24
LSD	9.01	0.37	2.7	16.43	0.15	0.21

Çizelge 7 incelendiğinde bitki boylarının 127-184 cm arasında değiştiği ve en yüksek bitki boyunun sadece seyreltme döneminde su uygulanan S₂ konusunda 184 cm olduğu belirlenmiştir. yan dal sayısının 3-6 adet arasında değiştiği en fazla yan dal sayısının tam su konusundan 5.7 adet, bitkide ilk kapsül bağlama yüksekliğinin 35.1-42.1 cm arasında değiştiği en yüksek ilk kapsül bağlama yüksekliğinin hem seyreltme hemde çiçeklenme döneminde uygulanan S₅ konusundan 42.1 cm, bitkide kapsül sayısının 128-295 adet arasında değiştiği en fazla bitkide kapsül sayısının tam su

konusundan 295 adet, bitki sap kalınlığının 1.01-1.64 cm arasında değiştiği en fazla sap kalınlığının hem çiçeklenme hemde kapsül bağlama döneminde su uygulanan S₆ konusunda 1.64 cm olduğu görülmektedir. Seyretme döneminde sulama yapılan konularda (S₂,S₅,S₆,S₈,S₉) bitki boyu, yan dal sayısı, bitkide kapsül sayısı, bitki sap kalınlığı özelliklerini artırdığını, bunun yanı sıra ilk kapsül bağlama yüksekliğini düşürdüğü görülmüştür. Verimin en önemli bileşimlerinden biri olan bin dane ağırlığının ise sulama konularına göre 3.59-4.03 g arasında değiştiği en yüksek bin dane ağırlığının tam su

konusundan 4.03 g olduğu belirlenmiştir. Kapsül bağlama döneminde uygulanan sulamaların (S₄, S₆, S₇, S₈, S₉) bin dane ağırlığını artırdığı belirlenmiştir.

Protein, yağ ve yağ asitleri oranı (%)

Her uygulamaya ait protein, yağ oranı ve yağ asitleri (palmitik, stearik, oleik, linoleik asit) değeri NIR cihazı yardımıyla % olarak okunmuştur. Gelişim dönemlerine göre yapılan sulamaların protein, yağ ve yağ asitleri bileşenlerine istatiki olarak fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda değerlerin protein %24.3-%27.7, yağ %53.1-%55.9 arasında değiştiği belirlenmiştir. Susam bitkisinin ortalama protein içeriğinin %25, yağ içeriğinin %50-60 arasında değiştiği bildirilmektedir (Tan, 2012). Çalışmamızın sonuçları Tan 2012'nin yaptığı çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir.

İşler (2018) tarafından susam bitkisinin 100 gr'ında yağ asitleri değerlerinin palmitik asit 2.56 g-5.14 g, stearik asit 1.18 g- 3.28 g, oleik asit 11.48 g-28.45 g, linoleik asit 12.3 gr-27.9 g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çalışmamızda yağ asitlerinin değişimi incelendiğinde palmitik asit %9.19-%9.66, stearik asit %4.76-%5.15, oleik asit %39.4-%41.7, linoleik asit %40.9-%44.3 arasında değiştiği görülmektedir.

Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulamaların ikinci ürün susamda verim ve verim komponentleri ile ürün kalitesi üzerine etkilerinin belirlemek amacıyla yapılan deneme sonuçları değerlendirildiğinde 3 sulamanın (seyreltme, çiçeklenme ve kapsül bağlama dönemi) uygulandığı konuda en yüksek verim değerine 253 kg da⁻¹ olarak ulaşılmıştır.

Buna göre; yüksek verime ulaşmak açısından ikinci ürün susama seyreltme, çiçeklenme ve kapsül bağlama dönemi olacak şekilde eksik nemi tarla kapasitesine ulaşmaya kadar yapılan üç sulama önerilmektedir.

Dönemsel kesintilerin yaşandığı durumlarda ise sadece çiçeklenme devresinde bir su veya hem çiçeklenme hem de kapsül bağlama dönemlerinde uygulanan iki su verimde çok büyük kayıp oluşturmamaktadır. Dönemsel su kesintilerinin yaşandığı durumlarda sadece çiçeklenme döneminde bir kez su uygulamasının yapılması önerilmektedir.

Ancak elde edilebilecek marjinal gelir ve dolayısıyla marjinal karlılık açısından uygulanan sulama suyu miktarının yarıya indirilmesi özellikle sulama suyunun kit olduğu durumlar dikkate alındığında, ikinci ürün susam yetiştiriciliğinde az su ile verim kaybının önemli düzeyde olmaması büyük önem taşımaktadır. Kit su kaynaklarının olduğu durumlarda her üç gelişim döneminde de sulama yapılması ancak su miktarını yarıya indirilmesi veya

sadece çiçeklenme döneminde bir kez su uygulamasının yapılması önerilir.

ÖZET

Amaç: Çalışma, Çukurova koşullarında 2.ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde yapılan sulamaların susam verimine ve yağ kalitesine etkilerinin belirlenmesi amacıyla 2015 yılında Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında tesadüf blokları deneme deseninde yürütülmüştür.

Yöntemler ve Bulgular: Denemede, bitki gelişim dönemlerine göre dokuz farklı sulama konusu ele alınmıştır. Konulu sulamalara seyreltme döneminde başlanmış ve çiçeklenme-kapsül bağlama dönemlerinde devam edilmiştir. Deneme sonucunda mevsimlik bitki su tüketim değerleri 146.3-628.3 mm, verim 112-253 kg da⁻¹ olarak değişmiştir. Farklı sulama konularının susam bitkisindeki verim üzerine etkileri incelendiğinde; bitki boyunun 127-184 cm, yan dal sayısının 3.05-5.43 adet bitki⁻¹, ilk kapsül bağlama yüksekliği 33.7-42.1cm, kapsül sayısı 128-295 adet bitki⁻¹, sap kalınlığı 1.01-1.64 cm, bin dane ağırlığı 3.59-4.03 g olarak değiştiği görülmektedir. Farklı sulama konularının susam bitkisindeki protein, yağ ve yağ asitleri oranı üzerine etkileri incelendiğinde; protein oranları 24.3%-27.7%, yağ oranları 53.1%-55.9% olarak belirlenmiştir. Yağ asit değişimleri ise palmitik asit 9.19%-9.66%, stearik asit 4.76%-5.15%, oleik asit 39.4%-41.7%, linoleik asit 40.9%-44.3% arasında değişmiştir.

Genel Yorum: Genel olarak en düşük verim susuz konuda belirlenirken, sulamanın verim ve verim bileşenlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, yağ ve yağ asitleri değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Kit olan su kaynaklarının korunması amacıyla ikinci ürün susamın verim ve kalite özellikleri dikkate alınarak sulamaya en hassas dönemini belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Susam, kısıtlı sulama, verim, kalite

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

Anonim., 07.08.2010 tarih ve 27665 Sayılı Resmi Gazete. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Numune Alma Ve Analiz Metotları Tebliği. Tebliğ No: 2010/36. Ankara.

- Beyce, Ö., Madanoğlu, K.,1978. Bitki Su Tüketiminin Saptanması. Topraksu Araştırmaları Ana Projesi, No:433, Ankara, 42 S.
- Derviş, Ö., 1981. Çukurova Koşullarında Susam Su Tüketimi. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 103, Rapor No: 53, Tarsus.
- Derviş, Ö., 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Susamın Su Tüketimi. T.C.Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın no: 117, Rapor Seri No: 67, Tarsus
- FAO, 2017. Sesame Production Data. www.fao.org/faostat Accessed 17.08.2019.
- FAO, 2018. Crop production statistics. www.fao.gov. Accessed 17.08.2019.
- İşler, N., 2018. Susam Yetiştiriciliği. <http://www.mku.edu.tr/files/898-0b987bbd-8e8a-46cc-854c-c1a2740de2d1.pdf> 17.08.2019
- James, L. G., 1988. Principles Of Farm Irrigation System Design. John Wiley And Sons Inc.New York, 543 s.
- Kanber, R., 2002. Sulama. Ç.Ü Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:174 Ders Kitapları Yayın No:A-52 Adana.
- Karaca, E., Aytaç. S., 2007. Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler. OMÜ Zir.Fak.Dergisi, 2007, 22(1):123-131.
- Röbbelen, G., Downey, R. K., Ashri, A., 1989. Oilcrops of the world. McGraw Hill, USA.
- Stryer, L., 1986. Biochemistry. 30 th pres. W. H. Freeman Comp. Inc., New York.
- TUIK, 2011. Bitkisel Ürün İstatistikleri. www.tuik.gov.tr Erişim 17.08.2019
- Tan, Ş., 2012. Susam Tarımı. T.C.Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No:146 İzmir.
- Weiss, E.A., 1983. Oilseed Crops. P.282-340. Longman Inc., New York.



Assessing salt accumulation in the root zone of tomato plant through using ordinary kriging interpolation technique under deficit irrigation regime

Amal GHANNEM¹, Imed BEN AISSA², Mahmut CETIN³, Rajouene MAJDOUB¹

¹University of Sousse, Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, Department of Horticultural Systems and Natural Environment Engineering, Sousse, Tunisia.

²Regional Research Centre on Horticultural and Organic Agriculture, Sousse, Tunisia.

³Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO


Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Deficit irrigation, salt accumulation, electrical conductivity, ordinary kriging, semivariogram, sampling scheme.

 Corresponding author: Amal GHANNEM

 amalghannem50@gmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Deficit irrigation might be a remedy to increase water use efficiency in water scarce areas albeit it may cause to: a) increase salt accumulation in the root-zone, b) decrease crop yield. Therefore, monitoring and assessment of salt accumulation in the root-zone is necessary in deficit irrigation practices. Primary objectives of this work were to: a) assess salt accumulation in the root-zone of tomato crop irrigated with conventional deficit irrigation (DI-50) through using ordinary kriging interpolation technique, and b) compare it with full irrigation (FI) treatment.

Methods and Results: To this end, soil electrical conductivity (EC in dS m⁻¹) measurements were conducted under emitters, between emitters and plant, and under plant on right and left side of root-zone by using an EC probe. In order to assess spatial and temporal changes of salt accumulation in the root-zone of tomato crop, EC lectures were done: a) at the beginning crop growth stage, b) in the middle, and c) at the end of growing season. In order to generate salinity maps in the root-zone, geostatistical interpolation techniques have been utilized. Geostatistical analysis has been realized by using "Jeostat-2017" software. Geostatistical analysis results indicated that the most suitable theoretical semivariogram model to the experimental semivariogram was Gaussian and/or Spherical model. Cross validation analysis revealed that kriging interpolation errors were fitted to the normal distribution, indicating that theoretical semivariogram model and its parameters as well as kriging search parameters are representative for the study site. Kriging errors helped us to evaluate efficiency of sampling design for salinity assessment.

Conclusions: In this regard, results showed that salt accumulation was concentrated in the root-zone just beneath the plant. This finding can be explained by the heavy texture of soil, which obstructs the leaching operation also by the high root density of tomato under this profile. Soil salinity maps reveal that salt accumulation in the root-zone gets more and more as the growing stage progress.

Significance and Impact of the Study: Deficit irrigation treatment reduce the amount of total salt accumulated in the root zone compared with the full irrigation treatment due to the fact that the amount of water applied with deficit irrigation is half of the full treatment, hence salt accumulation.

Atif / Citation: Ghannem A, Ben Aissa I, Cetin M, Majdoub M (2019) Assessing salt accumulation in the root zone of tomato plant through using ordinary kriging interpolation technique under deficit irrigation regime. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :120-127

INTRODUCTION

Salinization of soil and water resources jeopardize food security as well as regular societal advancements. Among these, soil salinity in semi-arid regions -where crop water requirements are augmented by irrigation supplies- is a major concern for the sustainability of irrigated agriculture (Letey et al., 2011). Salinization occurs inevitably because all irrigation waters contain more or less salt. Crops take up nearly pure water for transpiration (nutrients and some specific salts are taken up by the roots) and therefore salts remain behind and concentrate in the root zone (Handson et al., 2009). The evaporation of water from the soil surface is another cause of salinization (Karlberg & de Vries, 2004) as pure water is evaporated, salts are left behind. Decreasing irrigation water requirement through the use of new irrigation technologies is of utmost importance in water-scarce regions. Among the likely problems which may degrade soil fertility, soil salinity most commonly develops under mismanaged irrigation schemes and it may cause permanent loss of soil fertility if timely corrective measures are not taken (Burt et al., 2009). Salinity development in the root zone may be visually delineated by generating salinity maps. In this regard, a number of spatial interpolation methods have been developed for mapping purposes. Prominent among these ones are different versions of geostatistical techniques such as simple kriging, ordinary kriging, universal kriging, etc. Hence, there are a large number of studies which apply geostatistical techniques to natural resource distributions (Vanderborgh et al., 2007). Geostatistical tools such as variogram modeling and kriging have also been need for environmental applications and agriculture application (Amezket et al., 2007; Aragués et al., 2011) to monitor soil quality and its affects by irrigation water quality. Primary objectives of this work were to: *a*) assess salt accumulation in the root-zone of tomato crop -irrigated with conventional deficit irrigation (DI-50) which targets at supplying 50% of total crop water requirement- through using ordinary kriging interpolation technique, and *b*) compare it with full irrigation (FI) treatment, which targets at providing 100% of crop water requirement. The results were discussed in view of whether the salt accumulation would reach to plant salt tolerance threshold levels.

MATERIALS and METHODS

Characteristics of Study Area and Experimentation

The study was carried out under greenhouse conditions (9m×44m) at the experimental station of Researches

Regional Center on Horticultural and Organic Agriculture of Chott-Mariem, Sousse, Tunisia (Latitude:35°55'16.36" N, Longitude:10°34'09.49" E). Chott-Mariem belongs to the *Sahel* of Tunisian governorate of Sousse, limited to the north by *Hergla*, in south by *Hammam Sousse*, in east by the *Mediterranean Sea* and on west by *Akouada*. Study area is characterized by a semi-arid climate. Average temperature in summer is approximately 25°C, and average temperature in winter is about 12.5°C, observed during December and January. The average annual rainfall is about 410 mm. The relative humidity increases during winter months and reaches at 75%. In addition, the wind speed ranges between 10-15 km/h (Sayari et al. 2016).

Experiment was conducted from January to June 2018. Seeds of the processing tomato "*Sehli*" were sown on 15 December 2017. Forty days after seeding, uniform plants were transplanted into 8 rows with 3 replicates per row. The ground was covered by a black plastic mulching for diminishing the evaporation of water from soil surface and fight against adventitious weed development, diseases and pests.

The experimental soil in the greenhouse is "*sandy-clay*" composed with 28% of clay, 5% of silt and 68% of sand. Initial electrical conductivity "*EC*", the organic matter content and the *pH* are in the order of 1.25 *dS m⁻¹*, 2.1% and 7.8, respectively. The apparent *field capacity* "*θFC*" and *permanent wilting point* "*θPWP*" are 32% and 15%, respectively. Soil *bulk density* for 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm and 60-80 cm depths were 1.36, 1.48, 1.65 and 1.82 *g cm³*, respectively. A drip irrigation system with laterals laid down along the rows was used for irrigation. The two laterals with drippers of 4 *l h⁻¹* flow rate and spaced at 1 *m* were arranged in a such way that one dripper centered between the two plants, but installed alternately on the separate laterals.

Water requirements of greenhouse's tomato were estimated by using evapotranspiration of the culture "*ETc*" calculated according to the Eq. 1 of Allen (2003);

$$ETc = Kc \times ET_0 \quad (\text{Eq. 1})$$

Soil Salinity Samples

Soil electrical conductivity (*EC* in *dS m⁻¹*) measurements were recorded by using EC probe, which provides EC values at different soil depths with 0, 5, 10, 20, 30 and 50 cm under emitters, between emitters and plant, and under plant on right and left side of root-zone with three replications per measurement. EC lectures, based on the sampling scheme given in the Fig 1, were recorded directly after irrigation to get the right measures.

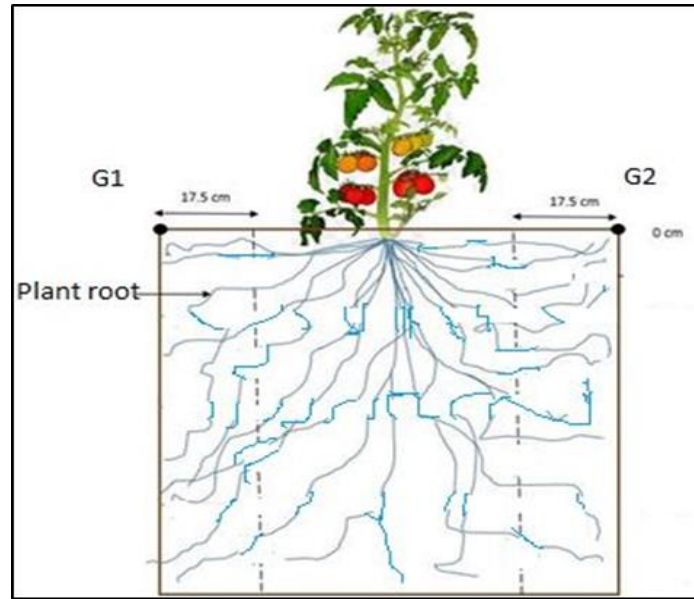


Fig 1. Soil sampling points with reference to crop and emitters (G1 and G2)

Mapping Spatial And Temporal Variability Of Soil Salinity

By using Surfer®, which is considered a useful tool to create, manipulate and display the spatial data, maps of EC development under full (FI) and deficit (DI-50) irrigation regimes have been prepared in the rooting depth of tomato plant. Concerning the mapping procedure, the point themes were generated through the use of geo-referenced EC readings. The Jeostat®-2017 (Mert & Dag, 2017) software was used in semivariogram modeling and ordinary kriging interpolation of EC data. The software also enables the user to make cross-validation tests for the fitted theoretical semivariogram models. Furthermore, numerical values of any point in the map can be controlled by using text boxes, so it allows the kriging interpolation technique in assessing, predicting and mapping soil salinity.

In order to generate EC maps in the Surfer, geostatistical analysis and estimations were made by using Jeostat®, and estimated data were then transferred to Surfer's mapping platform. In line with this target, sequential geostatistical analyses were done as the following:

- Experimental and theoretical semivariogram analysis,
- Gridding study area for kriging estimations,
- Kriging estimations at the grid nodes and generating maps.

Basics of Geostatistical Estimations

The semivariogram is a plot of semivariances, denoted by $\gamma(h)$, as a function of distances between the observations (Cressie, 1991). In order to plot

experimental semivariogram, firstly, maximum number of sample pairs, consisting of $N(N-1)/2$, are formed from the N observations (Cetin & Kirda, 2003) and Euclidean distances (h_{ij}) and direction angle (α) between pairs are calculated by the following Eq. 2 and Eq. 3.

$$h_{ij} = |u_i - u_j| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\alpha = \arctangent \left(\frac{y_i - y_j}{x_i - x_j} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

where; u_i and u_j are observation locations; x_i and y_i are easting and northing, respectively, i.e. metric coordinates of the sampling locations. Secondly, observation pairs are classified based on distances between pairs and direction angles. The semivariance values for each pair with h_{ij} distances are calculated by using Equation 4 (Clark ve Harper, 2000; Cetin ve Kirda, 2003).

$$\gamma^*(h_{ij}) = \frac{1}{2N(h_{ij})} \sum_{i=1}^{N(h_{ij})} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (\text{Eq. 4})$$

Where; $z(x_i)$ is an observed value at a particular location of x_i , and $N(h_{ij})$ is total number of pairs separated by h_{ij} distance vector (Fortin, 1999). Finally, the calculated semivariance values are plotted against the h_{ij} distances and experimental semivariogram graph is obtained. Then, the user examines visually the graph so as to determine the likely theoretical semivariogram model and its parameters for kriging estimations. In this regard, theoretical model parameters consisting of nugget

(unaccountable) variance $[C_0]$ and stochastic (accountable) variance $[C_1]$, sill value (total variance) $[C=C_0 + C_1]$, range of influence $[R$ or $\alpha]$ are determined accordingly (Cetin et al., 2003). In this study, adopted theoretical semivariogram model and its parameters are used interactively in the Jeostat program to estimate unknown values of soil salinity (EC) at unsampled locations. In another saying, ordinary kriging technique explained well enough in Webster et al. (2001) was used as a best linear unbiased estimator in the present study.

RESULTS and DISCUSSION

Exploratory data analysis of soil salinity (EC)

Descriptive statistics of soil salinity, EC in dS m^{-1} , obtained from EC probe for the treatments of full (FI) and conventionally deficit (DI-50) irrigation practices. Results showed both temporal and spatial variability between different treatments. EC values increased from first stage to the third one for both treatments. As it is seen in Table 1, soil salinity ranged from 1.43 to 5.01 dS m^{-1} , and from 1.45 to 4.22 dS m^{-1} for FI and DI, respectively. Descriptive statistical analysis results showed that soil salinity accumulation under DI regime is less than FI.

The values of kurtosis and skewness are not high for all the treatments. However, it might be concluded that data were characterized by a left skewed distribution albeit the skewness is low in comparison with the value of normal distribution that is equal to zero. On the other hand, Table 1 is far from giving any indication on how the salinity varies spatially in the rooting depth of tomato crop. Therefore, spatial behavior of the data might be exerted by geostatistical analysis, in particular experimental semivariogram analysis and mapping.

Semivariogram Analysis Results

It is not crucial to have a normal distribution for kriging, except for if one plans to use the kriging standard

deviation to create confidence intervals of the estimated value. In this study, no-transformation was made to make salinity data normal. Hence, the semivariogram analysis was carried out directly on the observed (raw) data by using Jeostat-2017 software. In a geostatistical study, finding out the theoretical semivariogram model and its parameters are among the staple objectives. Fig. 2 depicts experimental semivariograms for the two irrigation treatments with three-replication and theoretical semivariogram types fitted to the experimental ones.

It is clear from Fig 2 that there is no masking effect on the spatial structure of the data regardless of type of the experiment. Table 2 shows theoretical semivariogram models and their parameters determined.

Directional experimental semivariogram graphs of each variable revealed neither zonal nor geometric anisotropy. Therefore, omnidirectional semivariograms were given in Fig. 2. All the experimental semivariograms were found to be bounded with the sill value, which indicates stationarity in soil salinity, fluctuating more or less around sample variance (Fig. 2 and Table 2).

Visual examination of experimental semivariograms suggested that the theoretical Gaussian and spherical models are in good agreement with the data. The theoretical model was plotted on the experimental ones. Except for the theoretical model of FI2, all the theoretical models for the treatments and replications resulted in no nugget effect component (Table 2).

As pointed out by Myers (1997), the larger the nugget effect the model has, the more it dampens the decluttering effect of kriging interpolation technique. In addition, the sill value of the theoretical models of each variable was found to be the very close to the variance of the variable. In conclusion, semivariogram analysis results revealed that sampling design is reasonable and/or consistent, and the distance between samples is small enough to determine the spatial dependence structure of the salinity data.

Table 1. Descriptive statistics of EC data (dS m^{-1}) from two treatments with three replications

Statistics	FI1	FI2	FI3	DI1	DI2	DI3
Mean	0.79	2.81	2.95	0.82	2.89	2.73
Standard Deviation	0.29	0.97	0.97	0.27	0.65	0.73
Median	0.77	3.03	3.08	0.81	2.95	2.81
Variance	0.09	0.95	0.94	0.07	0.42	0.53
Skewness	0.35	-0.33	-0.53	0.55	-0.2	-0.28
Kurtosis	-0.63	-0.17	-0.05	-0.47	0.49	-0.001
Maximum	1.43	4.92	5.01	1.45	4.02	4.22
Minimum	0.3	1.05	1.09	0.41	1.1	1.23
Range	1.13	3.87	3.92	1.04	2.92	2.99
Coefficient of variation	0.37	0.35	0.33	0.34	0.22	0.26

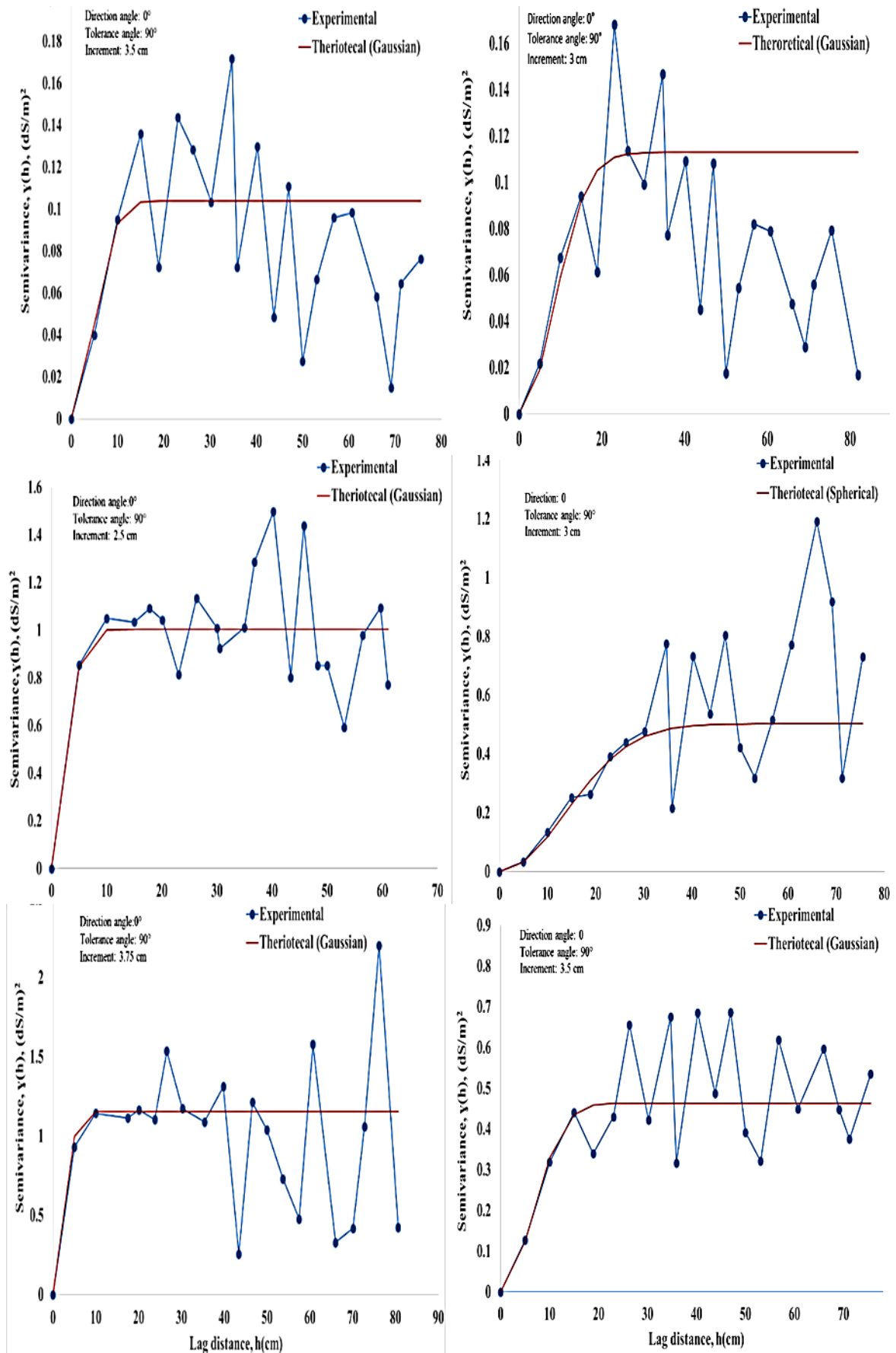


Fig. 2. Experimental and theoretical semivariograms of a) F11, b) F12, c) F13, d) DI1, e) DI2, f) DI3

Table 2. Theoretical semivariogram models and respective parameters of treatments

Treatment	Model	Nugget Effect (C_0)	Sill (C)	Range (a , cm)
F11	Gaussian	0	0.104	11.5
F12	Gaussian	0.38	0.625	7.4
F13	Gaussian	0	1.155	6.1
DI1	Gaussian	0	0.503	23.4
DI2	Spherical	0	0.174	43.7
DI3	Gaussian	0	0.464	15.5

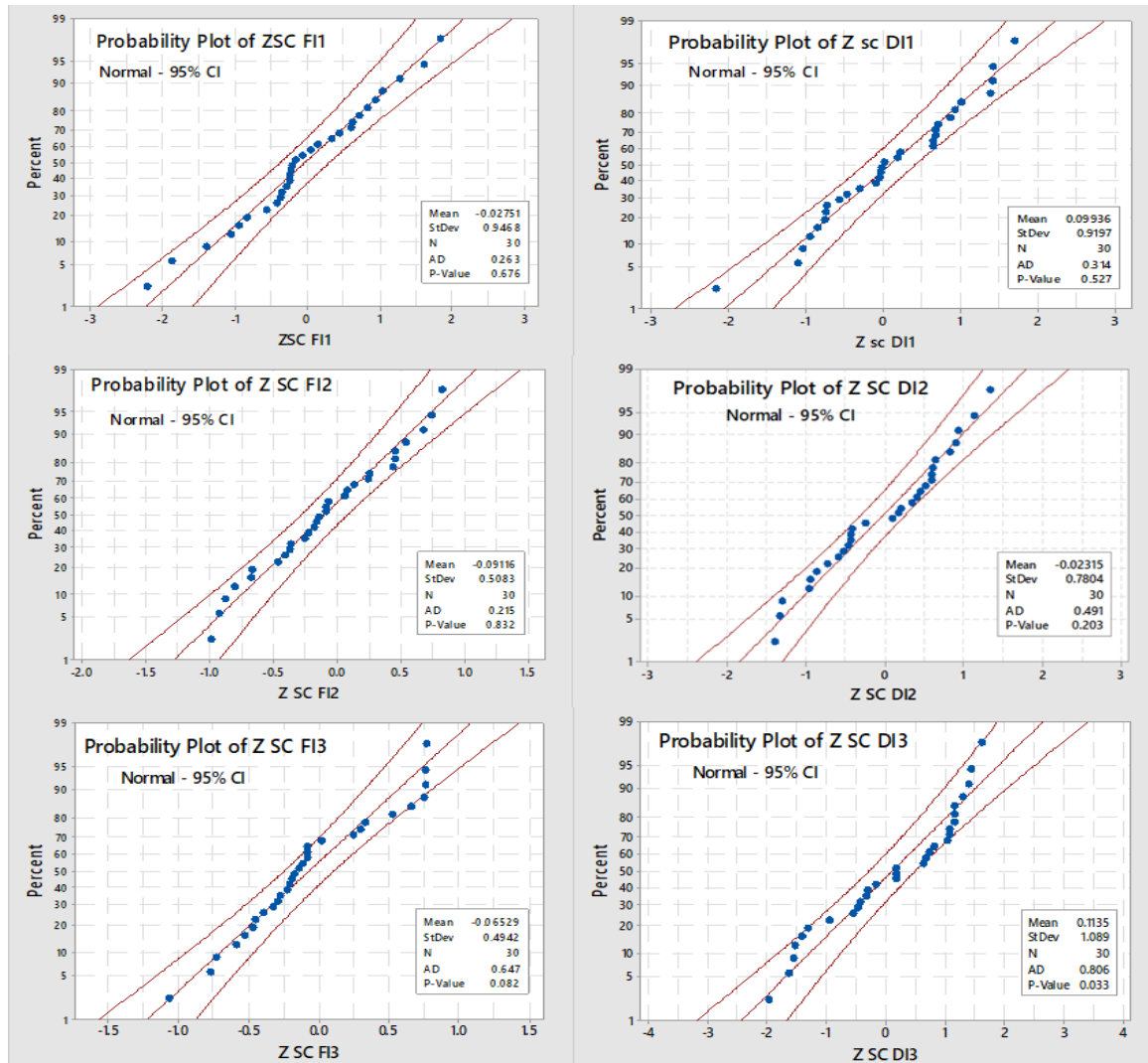


Fig 3. Probability plot of standard errors of kriging estimates with some statistics and Anderson-Darling (AD) goodness-of-fit test results

Cross validation analysis is necessary in order to decide that theoretical semivariogram models are representative for the variable being analyzed. To this end, kriging interpolation errors were standardized and then tried to fit to the normal distribution as seen in Figure 3.

Anderson-Darling (AD) goodness of fit statistics indicated that theoretical semivariogram model and its parameters as well as kriging search parameters are representative for the study site. In fact, the probability

plot of kriging estimation errors, i.e. *Zscores* (*Z SC* in Figure 3), of all the treatments, except for DI3 treatment, highlighted a normal distribution (probability of $AD \gg 5\%$) of *Zscores* and produced the most favorable results. The higher the *P-Value* of *AD* statistics, the closer are the observed frequencies to the theoretical normal distribution line. Type of probability distribution model of kriging errors is important to calculate confidence limits for the kriging estimates.

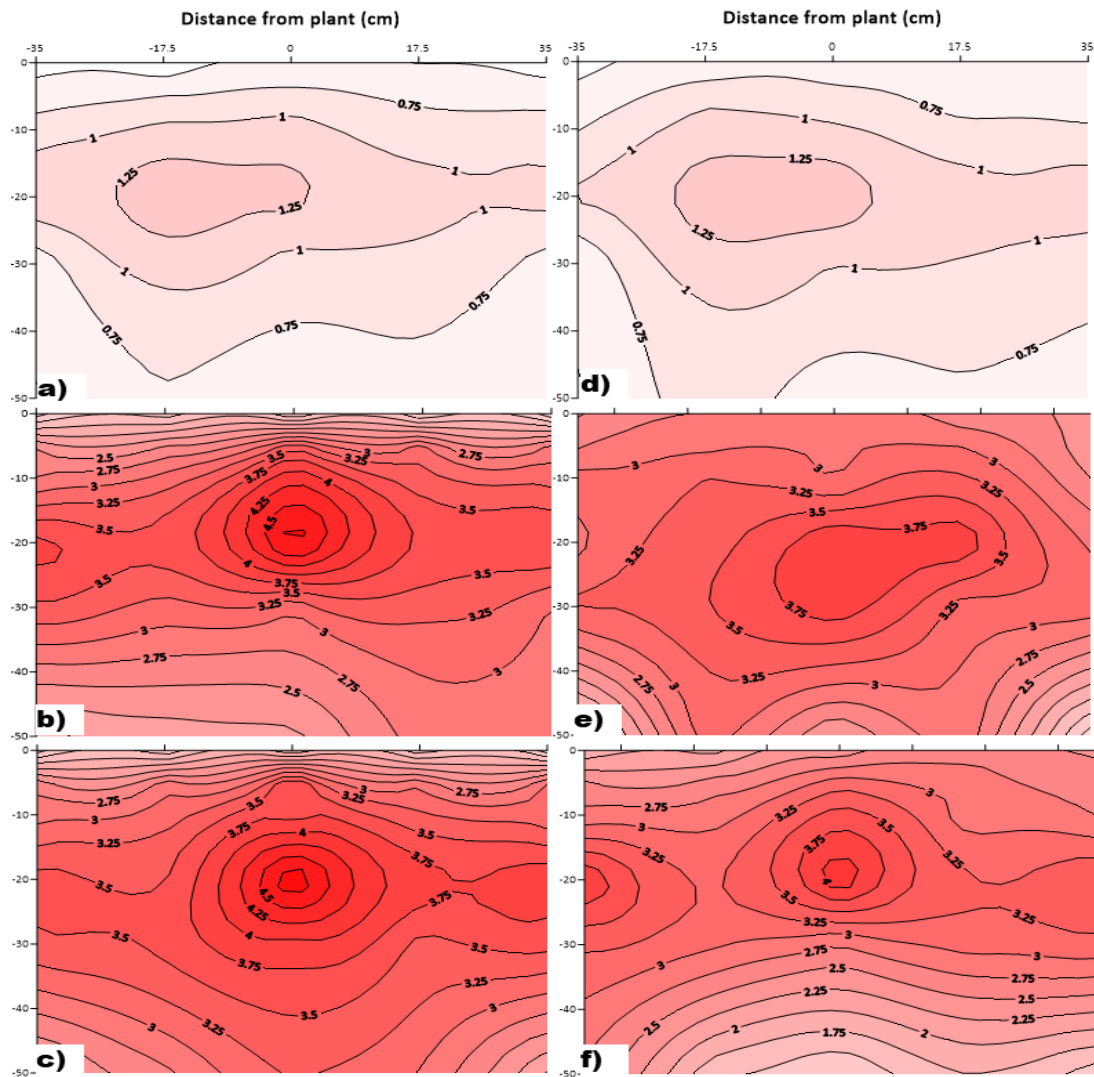


Fig. 4. Salt accumulation and distribution pattern under irrigation treatments in progress of time: At the stage of planting (FI(a), DI(d)), fruiting (FI(b), DI(e)), end season (FI(c), DI(f))

Mapping

In the study area, grid nodes of 560 points, i.e. 28 along easting and 20 along northing (depth), with 2.5 cm by 2.5 cm size, were established. The salinity values at the 560 grid nodes of each element were estimated by ordinary kriging method by using Gaussian and spherical semivariogram models and their parameters (Fig. 4). To this end, kriging search parameters were incorporated with semivariogram models, too.

Fig. 4 shows the EC distribution in the root zone by treatments. EC showed spatial and temporal salt accumulation process in the root-zone of tomato crop. In this regard, results showed that salt accumulation was concentrated in the root-zone just beneath the plant. This finding can be explained by the heavy texture of soil, which obstructs the leaching operation also by the high root density of tomato under this profile. Moreover deficit irrigation treatment reduce the amount of total

salt accumulated in the root zone compared with the full irrigation treatment due to the fact that the amount of water applied with deficit irrigation is half of the full treatment. Accordingly, salt accumulation in the root zone is less under deficient irrigation practice, compared to the full irrigation. Salinity distribution pattern in the root zone was found to be in accord with the findings by Kaman et al. (2006).

Soil salinity maps reveal that salt accumulation in the root-zone gets more and more as the growing stage progress. As seen in Fig. 4a and 4d, salinity distribution pattern in the root zone is more or less the same in the plots of FI and DI treatments in the beginning. However, while approaching to the fruiting stage, salinity development started to differ with irrigation treatments, resulting in favor of deficit irrigation practice (Figure 4b and 4e). At the end of growing season, full irrigation practice resulted in more salt accumulation in the root

zone compared to the deficit irrigation, particularly beneath the tomato stem at the depth of about 20 cm (Fig. 4c for FI, 4f for DI).

CONCLUSION

The ordinary kriging interpolation technique under different irrigation regimes was an efficient tool to assess salt accumulation in the root zone of tomato plant. In fact, visual assessment of salinity development maps proved that putting the tomato plant in the middle between the two emitters caused to accumulate more salt under the plant, especially at the horizon 20-40 cm due to the heavy texture of soil and the root condensation. At the beginning, soil salinity distribution pattern for both treatments was almost the same in the root zone. In the course of time, EC in the soil profile was higher under FI than DI. Consequently, our conclusion was that salt accumulation in the root zone under deficit irrigation applications was remarkably marginal compared to the full irrigation practices.

ACKNOWLEDGEMENTS

This Study was made possible with the occasion of the opportunity given by the Rectorate of Sousse University (Tunisia) to go to Cukurova University (Turkey), located in Adana, for 4-month. The financial support was provided by Erasmus+ mobility program. Authors would like to acknowledge to the Department of Scientific Research Projects of Cukurova University Rectorate for the financial support (Project No: FYL-2019-11771) to attend to the conference.

CONFLICTS of INTEREST

The author(s) declare no conflict of interest for this study.

REFERENCES

- Allen GR (2003) Crop coefficients. In: Encyclopedia of Water Science (Eds. Stewart BA, Howell TA), Marcel Dekker Publishers, New York. pp. 87-90.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy. pp 1-15.
- Amezketta E (2007) Soil salinity assessment using directed soil sampling from a geophysical survey with electromagnetic technology: a case study. Span. J. Agric. Res. 5 (1): 91-101.
- Aragués R, Urdanoz V, Cetin M, Kirda C, Daghari H, Ltifi W, Lahlou M, Douaik A (2011) Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. Agric. Water Manage. 98: 959-966.
- Burt CM, Isbell B, Burt L (2003) Long-term salinity buildup on drip/micro irrigated trees in California. IA Technical Conference, November 18, San Diego, CA.
- Cetin M, Kirda C (2003) Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. J. Hydrol. 272(1): 238-249.
- Clark I, Harper WV (2000). Practical Geostatistics 2000. Ecosse North America Lie, Columbus Ohio, USA. 342 p.
- Cressie NAC (1993) Statistics for Spatial Data. Revised Edition. John Wiley & Sons Press, New York, USA. 900 p.
- Fortin MJ (1999) Spatial statistics in landscape ecology. In: Landscape Ecological Analysis (Eds. Klopatek JM, Gardner RH), Springer, New York, NY. pp: 253-279.
- Hanson BR, May DE, Simunek J, Hopmans JW, Hutmacher RB (2009) Drip irrigation provides the salinity control needed for profitable irrigation of tomatoes in the San Joaquin Valley. California Agric. 63: 131-136.
- Kaman H, Kirda C, Cetin M, Topcu S (2006) Salt accumulation in the rootzone root zones of tomato and cotton irrigated with partial root drying technique. Irrig. and Drain. 55: 533-544.
- Karlberg L, Vries F (2004) Exploring potentials and constraints of low-cost drip irrigation with saline water in sub-Saharan Africa. Physics and Chemistry of the Earth, 29: 1035-1042.
- Letej J, Hoffman GJ, Hopmans JW, Grattan SR, Suarez D, Corwin DL, Oster JD, Wu L, Amrhein C (2011) Evaluation of soil salinity leaching requirement guidelines. Agric. Water Manage. 98: 502-506.
- Mert BA, Dag A (2017) A computer program for practical semivariogram modeling and ordinary kriging: a case study of porosity distribution in an oil field. Open Geosci. 9(12):663-674.
- Sayari N, Brundu G, Mekki M (2016) Mapping and monitoring an invasive alien plant in Tunisia: Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) a noxious weed of agricultural areas. Tunisia J. Plant Protection, 11: 219-227.
- Vanderborght J, Vereecken H (2007) Review of dispersivities for transport modeling in soils. Vadose Zone J. 6: 29-52.
- Webster R, Oliver MA (2001) Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Sons, Chichester, England. 330 p.



Determination of greenhouses and its insurance conditions damaging from natural disasters occurred in districts of eastern Antalya region

Doğu Antalya bölgesinde bulunan ilçelerde meydana gelen doğal afetlerden zarar gören seraların ve sigorta durumlarının belirlenmesi

Rabia ÇALIŞKAN¹, Kenan BÜYÜKTAŞ¹, Ahmet TEZCAN¹, Cihan KARACA¹

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Antalya, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Agricultural insurance, construction, hail damage, global warming, plant production structures.

✉ Corresponding author: Kenan BÜYÜKTAŞ

✉: kbuyuktas@akdeniz.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Antalya has a very suitable potential for greenhouse production due to its climatic structure and geographical location. However, the vast majority of this greenhouses have not statically projected. These greenhouses were installed by untrained people who are not qualified about the greenhouse more than the competent firms. In addition, these unqualified people used structurally insufficient constructions in the installation stage in the vast majority of these greenhouses. At the same time, Antalya is a region that can be seriously damaged climatically due to the fact that its geographical location. Therefore, the damage potential of those greenhouses can be is high in any natural disaster. In this study, it was aimed at the determination of greenhouses and its insurance conditions damaging from natural disasters occurred in districts of the eastern Antalya region.

Methods and Results: In this study, it was determined how the plant production structures in the districts of East Antalya are affected by the natural disasters such as hail, showers, storms, hurricanes, hoses and fire, and how they were able to withstand or affected these climatic disasters. In addition, it was determined whether the greenhouses damaged were covered by agricultural or private insurance and if they were insured, how much they benefited from this insurance. For this purpose, surveys were carried out with the greenhouse owners in the districts located in the East Antalya region. The results of the survey were evaluated with SPSS software.

Conclusions: It has been determined how the disasters occurred in which part of Antalya and how they affect the greenhouses in the area. At the end of the study, the suitable greenhouse type (size, roof type, cover type etc.) and construction sections for those regions were proposed.

Significance and Impact of the Study: It was determined that education level, foundation, and basement status, profile type used in the greenhouse were related to damage situations of greenhouses caused by natural disasters.

Atıf / Citation: Caliskan R, Buyuktas K, Tezcan A, Karaca C (2019) Determination of greenhouses and its insurance conditions damaging from natural disasters occurred in districts of eastern Antalya region. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :128-134

INTRODUCTION

The agricultural sector is of vital importance for people living in a country to sustain their vital activities. Adequate and balanced nutrition of the population of the country will only be ensured by regular agricultural production. In our country, a significant part of the population lives in rural areas and provides with agricultural production their livelihood. Therefore in our country, for reducing all risk factors affecting agricultural production, ensuring a regular agricultural production and for the prevention of fluctuations in the income of people living in rural areas Agricultural Insurance is a very important need.

The agricultural sector is one of the sectors most affected by natural and economic risks. Besides, the agricultural sector is a sector needs to be supported both economically and strategically throughout the world. Therefore, this sector should be protected against all risks to occur. Minimizing the effects of natural risks such as heavy rainfall, hail, hurricane, hose, frost, drought in the agricultural sector can only be achieved by applying effective risk management in the agricultural sector. Today, the most important and effective risk management tool used for the agricultural sector in the world is "Agricultural Insurance". Agricultural Insurance is a security system that compensates the losses occurred due to risks and uncertainties in agriculture (Kirkbeşoğlu, 2015). In Turkey, In order to be guaranteed the risks threatening the agricultural sector in 2005 within the scope of Law No. 5363 dated 14.06.2005 "Agricultural Insurance Act" has been enacted. Within the scope of this law, an insurance pool was established for the purpose of compensating damages in agricultural production from a single center and developing and extending agricultural insurances. In order to carry out all the works and transactions related to this pool by a company in which the insurance companies participating in this pool have equal shares, the Agricultural Insurance Pool Management Inc. (TARSİM) was created (Çipil, 2008; Sümer and Polat, 2016). Mostly, agricultural structures are considered as buildings cheap and uncomfortable only with sufficient width. However, when planning agricultural structures, first of all, it should be remembered that the material to be sheltered is living material and the building should be planned according to the living species. For this reason, agricultural production structures should be designed in accordance with the purpose of construction like other structures and should be built to long last and durable in accordance with the standards (Büyüктаş et al., 2016). For plant production, greenhouses are used which are

defined as structural elements capable of providing the necessary development factors throughout the year and capable of the workable inside (Üstün and Baytorun, 2003). Greenhouses should be constructed in accordance with the climatic conditions of the region and provide the necessary environmental conditions for plant development (Baudion and Zabelitz, 2002). In Turkey, greenhouses are often built without taking into account local conditions and without static and strength calculations. Therefore either more or fewer construction materials than necessary are used. If more materials are used than necessary the shading rate in the greenhouse increases and if less material is used the collapse occurs in bad weather conditions (Üstün and Baytorun, 2003).

Antalya is a vulnerable region to serious damage because of the surrounded by the Mediterranean Sea in the south and the Taurus Mountains extending parallel in the north. In addition, it is a place where greenhouse cultivation is intense due to the favorable climatic conditions. In this study, it was determined that the number of plant production structures damaged by the natural disasters in Eastern Antalya in recent years. In addition, it was found out that whether these structures are covered by agriculture and/or private insurance, if they are covered by insurance, how much they benefit from this insurance. In addition, the technical and structural features of the plant production structures damaged due to natural disasters and the causes of damage were determined.

MATERIALS and METHODS

The study was conducted in Antalya and its some districts. High tunnels and greenhouses damaged by natural disasters in Central and Eastern Antalya where the plant production is intense were used as material. For this purpose, the enterprises which were damaged according to data obtained from Antalya Directorate of Provincial Agriculture and Forestry and District Directorate of Agriculture and Forestry were determined. The climatic events data that caused the damage were taken from Antalya Meteorology Regional Directorate. Data on whether damaged greenhouses are agricultural or private insured were obtained from Antalya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, TARSİM Antalya Regional Directorate and other insurance companies that work with TARSİM (Agricultural Insurance Pool). In this study, a survey was conducted with the damaged greenhouse owners in order to determine the damages of the disasters caused by climatic events in the agricultural sector. In the selection of the surveyed

enterprises, Stratified Sampling (Neyman) Method” was used in order to increase the accuracy of the findings to be obtained with the information collected from the enterprises. Stratified sampling is a classical survey sampling technique, which is used to estimate population parameters efficiently when there is substantial variability between subpopulations (Cochran 1977; Neyman 1934). The number of sample enterprises to be surveyed with Stratified Sampling Method was calculated with the help of Eq. 1 and Eq. 2 (Çiçek and Erkan 1996; Karagölge and Peker 2002).

$$n = \frac{N \cdot \sum (N_h \cdot S_h^2)}{N^2 \cdot D^2 + \sum (N_h \cdot S_h^2)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$D^2 = \frac{d^2}{z^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Where the n is sample volume/size, N is number of units in the population, N_h is number of units in h layer, S_h is standart deviation in h layer, S_h^2 is variance in h layer, d is the allowed error amount in the population mean or difference between the sample mean and the population mean, which is taken as 5%, z is the z value in the standard normal distribution table (95% distribution table) according to this margin of error.

At the end of the study, statistical analysis of the data obtained from the measurements, observations, and surveys were evaluated with SPSS software. The results of the survey were statistically analyzed in SPSS package program according to Pearson Chi-Square test method. The number of disasters such as hail, storms, hose and flood causing damage to the greenhouse structures in the research area are given in Fig. 1-4.

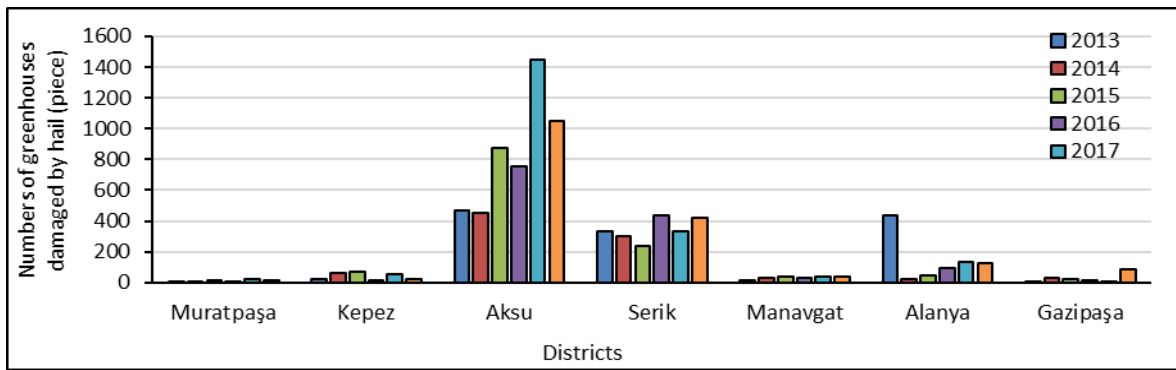


Figure 1. Amount of greenhouse damaged by hail according to years

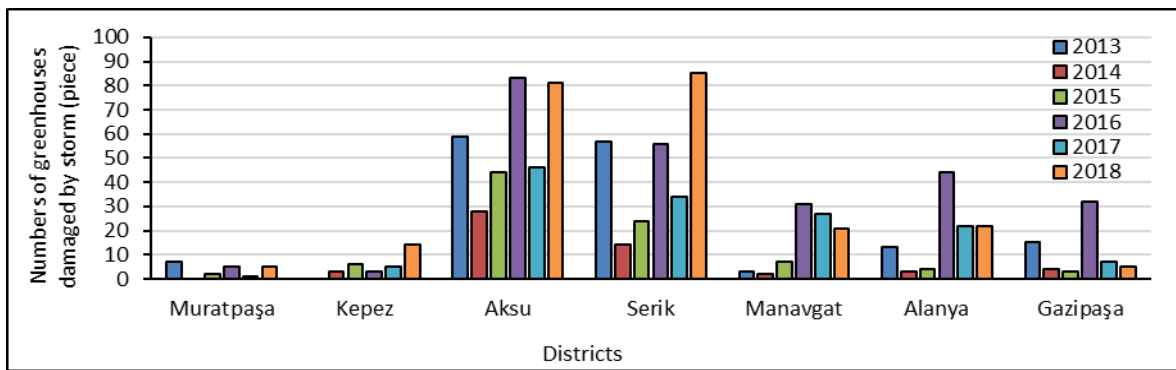


Figure 2. Amount of greenhouse damaged by storm according to years

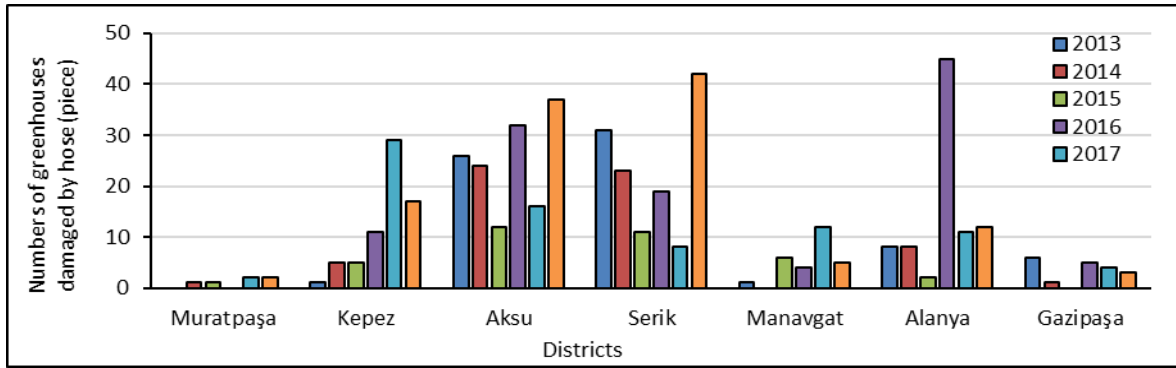


Figure 3. Amount of greenhouse damaged by hose according to years

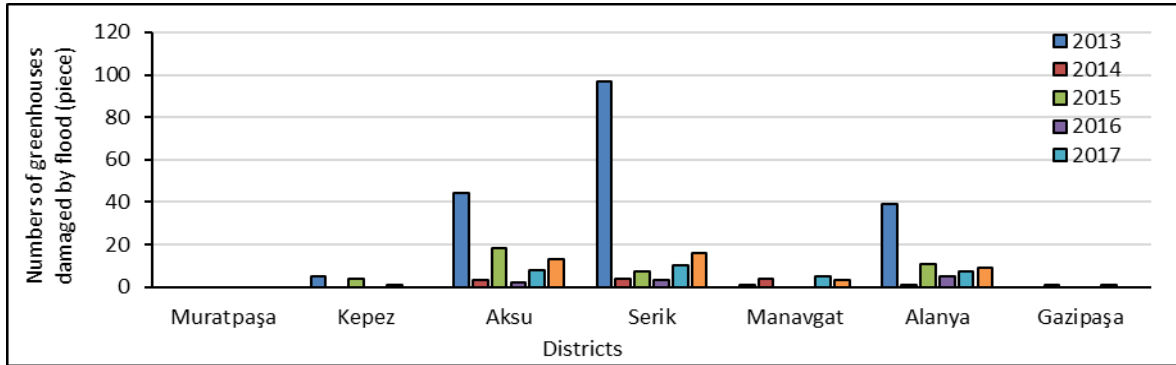


Figure 4. Amount of greenhouse damaged by flood according to years

RESULTS and DISCUSSION

The results obtained in this study are given as graphs. The educational status of the owners is given in the Figure 5. As can be seen in the figure, 80% of greenhouse owners of the respondents in the sample are primary school graduates, 8% are secondary school graduates, 5% are high school graduates, 7% are bachelor degree. In the study, 98% of the surveyed owners are farmers and 2% are agricultural engineers. In most of the enterprises, while the greenhouse cultivation is carried out by people who do not have any knowledge and training about plant cultivation and only 1 of them is carried out by experts. When the ownership status of the greenhouses is examined, it is determined that 95% is owned by the owner and 5% is a shareholder by the owner and someone else. According to the results of the survey, almost all greenhouses are owned by the owners.

The building years of the greenhouses damaged by disasters are given in the Figure 6. As can be seen in Figure 6, 40% of greenhouses were made before 2010 and 60% were made during and after 2010, the years covered by the survey. It was determined that 2% of the greenhouses damaged by disasters were damaged between 1990 and 2000, 10% were damaged between

2001 and 2010 and 88% were damaged in 2011 and after.

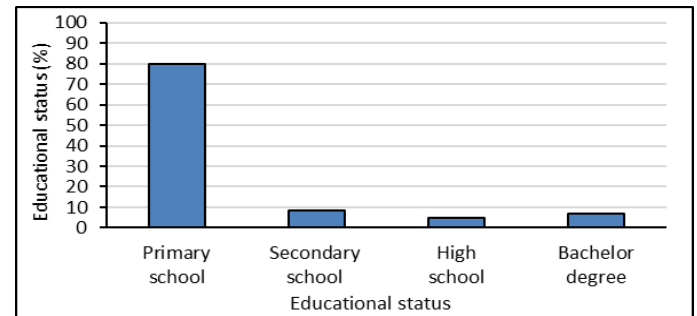


Figure 5. Educational status of greenhouse owners

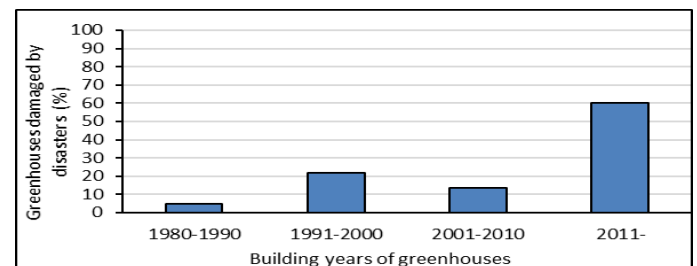


Figure 6. Building years of the damaged greenhouses

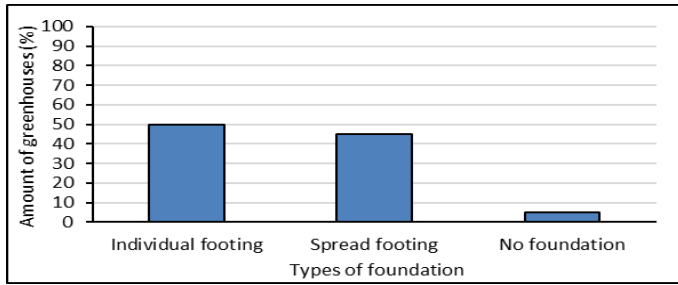


Figure 7. Foundation status of the greenhouses

The foundation types used in greenhouses are given in the Figure 7. It has been determined that 50% of the greenhouses damaged by disasters have a individual footing and 45% have spread footing. Owners has been stated that in the remaining 5% has no foundation. In addition, it was determined that while 68% of the surveyed greenhouses had a basement, 32% had not got. Heavy rainfall and storm are common in the research area. Besides, there is no basement one of in every three greenhouses examined. This may cause greenhouses to be damaged more easily than natural disasters.

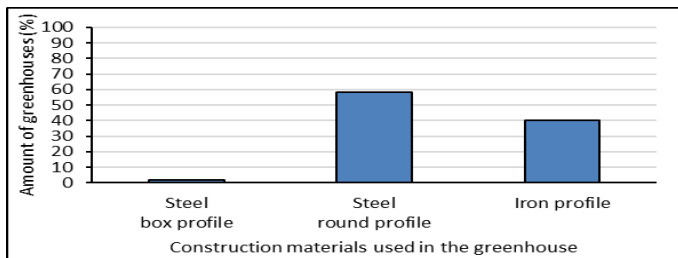


Figure 8. Distribution of construction materials used in the greenhouse

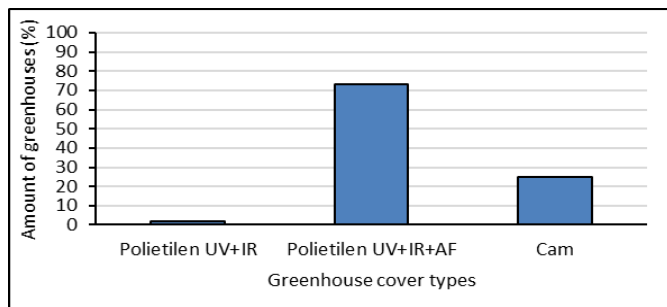


Figure 9. Types of damaged greenhouse cover material

In the study, it was determined that 2% of the construction materials used in the greenhouses were steel (box profile), 58% were steel (round profile) and 40% were iron profile (Figure 8). When the elements that joining construction elements used in greenhouses are examined, it was determined that 5% of the metal elements used in the greenhouse were combined with rivets, 18% with bolts, 65% with welding, 10% with bolts and welds, and 2% with both rivets, bolts and welds.

Almost half of the damaged greenhouses have been observed to be welded greenhouses.

Greenhouse cover material types examined in the study are given in Figure 9. 2% of the cover materials of damaged greenhouses are PE UV, 73% are PE UV + IR + AF and 25% are glass. In addition, the service life of the cover material of the greenhouses examined was determined to be 24 months in 7% of the greenhouses, 36 months in 70% and 60 months in 23%. It was also determined that 10% of the greenhouses are in the east-west direction and 90% in the north-south direction. Besides, 32% of the greenhouse roof types are gable roofs, 3% are venlo roofs, 62% are arc roofs and 3% are gothic roofs. It was determined that the majority (65%) of the greenhouses damaged by disasters were plastic covered greenhouses. Glass-covered greenhouses are more resistant to disasters.

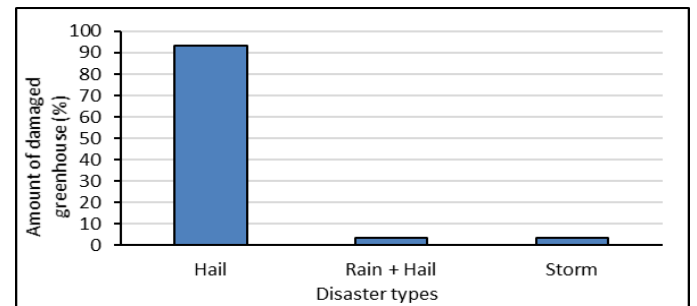


Figure 10. Disaster types that damage the greenhouses

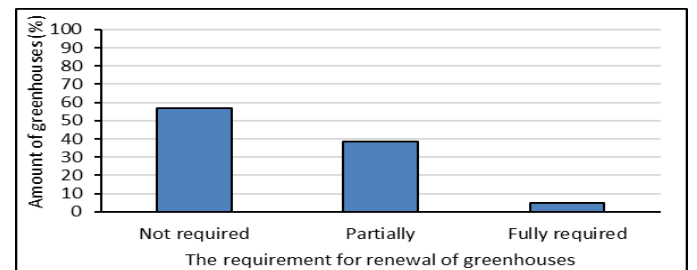


Figure 11. The renewal requirements of greenhouses

It was determined that 2% of the greenhouse building elements of the greenhouses damaged by disasters had no corrosion, 92% had less, and the remaining 7% had too much corrosion. Corrosion in the carrier construction of 99% of the greenhouses caused a cross-section shrinkage. This may have caused to decrease in resistance of the greenhouse skeleton system to the storm and the destruction of greenhouses more quickly. According to the greenhouse owners, the renewal requirements of the greenhouses are given in Figure 11. Accordingly, it was stated that 57% of the greenhouses did not need to be renewed, 38% needed partial renewal and 5% needed complete renewal.

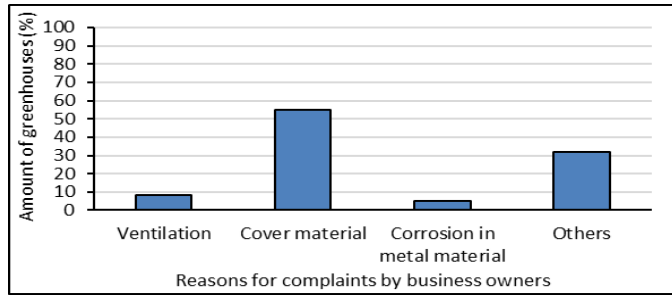


Figure 12. Cases where business owners complain in greenhouses

In the study, 8% of the surveyed owners reported that they have complaints from ventilation, 55% from cover material, and 3% from metal corrosion. The remaining 32% reported that they have complaints from other reasons (Figure 12).

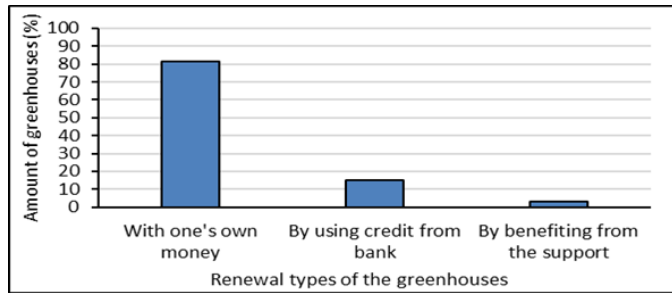


Figure 13. Support, grant and credit usage status of the greenhouses

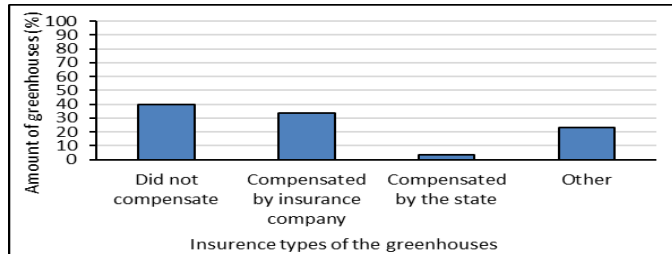


Figure 14. Compensating situation formed in greenhouses as a result of natural disasters

The status of enterprises to receive loans, support or grants is shown in Figure 13. It is determined that 82% of enterprise owners have built their greenhouses with their own money, 15% by taking loans from the bank and 3% by benefiting from the grant. The majority of greenhouses damaged by disasters are greenhouses built by the owner's sources. It was observed that the greenhouses receiving grants and support from the state suffered less damage. Besides, while 43% of the greenhouses damaged by the disaster had no agricultural insurance and 57% of greenhouses had agricultural insurance. Figure 14 shows the ways in

which greenhouse owners can compensate for damages in greenhouses surveyed as a result of natural disasters. According to the survey results, 40% of greenhouse owners did not receive any support to repair their greenhouses. Moreover, 33% of greenhouse owners received support from the insurance company to repair their damaged greenhouses and 4% from the state. The remaining 23% stated that they had been compensated their damage by other means.

CONCLUSION

According to the results of the survey, it was found out that the damage situation of greenhouses from natural disasters depends on the criteria such as education level, foundation, and basement status, profile type used in the greenhouse. Greenhouses build by blacksmiths who are not experts in their work have no static plan and project and they are more likely to be damaged in natural disasters. In addition, the severity and types of natural disaster have been significantly effective of damage to greenhouses. It was understood that as the education level increased, the insured status of the greenhouses increased. Therefore, insurance the greenhouses in the regions where natural disasters occur frequently minimizes the damage to the farmer families. This situation is an obligation that will not be put at risk for the farmers whose only source of income is agriculture.

ÖZET

Amaç: Antalya ili gerek iklimsel yapısı gerekse coğrafi konumu gereği sera üretimi için oldukça uygun bir potansiyele sahiptir. Ancak, bu seraların büyük çoğunluğu statik açıdan projelendirilmemiş, yapısal yönden yetersiz konstrüksiyon kullanılarak, yetkili firmalardan daha çok gelişmiş eğitimli ve işinin uzmanı olmayan kişilere yaptırılmış seralardır. Bununla birlikte, Antalya coğrafi konumundan dolayı ciddi anlamda iklimsel hasara açık bir bölgedir. Dolayısı ile oluşabilecek herhangi bir doğal afette zarar görme potansiyelleri yüksektir. Bu çalışmada Doğu Antalya bölgesinde bulunan ilçelerde meydana gelen doğal afetlerden zarar gören seraların ve sigorta durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Bu çalışmada, Doğu Antalya bölgesindeki ilçelerde bitkisel üretim yapılarının ilde oluşan dolu, sağanak yağış, fırtına, kasırga, hortum ve yangın gibi doğal afetlerden nasıl etkilendikleri, oluşan bu iklimsel afetlere karşı hangi oranda dayanabildikleri ya da bu olaylardan nasıl zarar gördükleri belirlenmiştir.

Bunun yanında, zarar gören seraların tarım veya özel sigorta kapsamında olup olmadıkları, eğer sigortalıysa bu sigortadan ne kadar yararlandıkları belirlenmiştir. Bunun için Doğu Antalya bölgesinde bulunan ilçelerdeki sera sahipleri ile anketler yapılmıştır. Anket sonuçları SPSS paket programı ile değerlendirilmiştir.

Genel Yorum: Oluşan afetlerin Antalya'nın hangi bölgesinde hangi oranda etkili olduğu, o bölgedeki örtüaltı yapılarını nasıl etkilediği belirlenmiş ve o bölgeler için uygun sera yapı tipi (boyutları, çatı tipi, örtü tipi vs.) ve konstrüksiyon kesitleri önerilmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Eğitim düzeyi, kuruluş, su basmanı ve serada kullanılan profil tipinin seraların doğal afetlerden kaynaklanan hasar durumuyla ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitkisel üretim yapıları, dolu zararı, konstrüksiyon, küresel ısınma, tarım sigortası

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank to Turkish State Meteorological Service Antalya 4th Regional Directorate and Agricultural Insurance Pool for their contributions.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declared no potential conflicts of interest for this study.

REFERENCES

Baudion WO, Zabeltitz C (2002) Greenhouse constructions for small scale farmers in tropical regions. Acta Hort. 578: 171-179.

Büyüктаş K, Atılğan A, Tezcan A (2016) Tarımsal Üretim Yapıları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 101, Isparta. 253 s.

Çiçek A, Erkan O, (1996) Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Yöntemleri. T.C. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 12, 118 s.

Çipil M (2008) Risk Yönetimi ve Sigorta. Nobel Akademik yayıncılık, Ankara. 314 s.

Cochran WG (1977) Sampling Techniques. John Wiley & Sons, Inc., New York. 448 p.

Karagölge C, Peker K (2002) Tarım Ekonomisi Araştırmalarında Tabakalı Örneklemeye Yönteminin Kullanılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg. 33(3): 313-316.

Kırkbeşoğlu E (2015). Risk Yönetimi ve Sigortacılık. Gazi Kitabevi Yayınları, Ankara. 650 s.

Neyman J (1934) On two different aspects of the representative method: The method of stratified sampling and the method of purposive selection. J. Royal Stat. Soc. B. 97: 558–606.

Sümer G, Polat Y (2016) Dünyada Tarım Sigortaları Uygulamaları ve TARSİM. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Derg. 18(1): 236-263.

Üstün S, Baytorun N (2003) Sera projelerinin hazırlanmasına yönelik bir uzman sistemin oluşturulması. KSÜ Fen ve Mühendislik Derg. 6(1): 168-176.



Determination of the intensity of hail damage of the polyethylene greenhouse covers in the Mediterranean region by thermal camera

Akdeniz bölgesindeki polietilen örtülü seraların dolu hasar yoğunluğunun termal kamera ile belirlenmesi

Kenan BÜYÜKTAŞ¹, Ahmet TEZCAN¹, Cihan KARACA¹, Zekai GÜMÜŞ², Rabia ÇALIŞKAN¹

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Antalya, Turkey.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

ÖZET / ABSTRACT

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:09.12.2019

Keywords:

Impact Strength, natural disaster, temperature based model, thermal imager, Antalya.

Corresponding author: Kenan Büyüктаş

✉: kbuyuktas@akdeniz.edu.tr

Aims: As a result of the intense industrialization in order to meet the needs of the growing population, the greenhouse gas density in the atmosphere is increasing rapidly. Climate change also affects our country and hail damages in the Mediterranean basin, where there are intensive greenhouse activities, performed, are increasing every year. After the hail, plastic greenhouse covers can be drilled or lose their plastic material properties due to stretching. Growers can insure their greenhouses against the hail damage to the greenhouse cover. Following the natural disasters, the determination of the damages of the farmers is the most important stage in the process of covering the losses from insurance.

Methods and Results: In this study, it was aimed to determine the intensity of hail damage by using thermal camera. For this purpose, 36 months-old polyethylene UV+IR+LD+EVA added greenhouse covering material having 200-micron thickness, which are commonly used in the region, were used as material. Alergo brand drop tester was used in order to determine the damage caused by the hail damage of different intensity. Six different weights were released to the greenhouse cover with a free fall from the height of 78 cm. The resulting damaged greenhouse covers were mounted on the test frame and the temperature differences between the damaged zone and the intact zone were observed with a thermal camera.

Conclusions: A model was developed to determine the intensity of hail damage by using these temperature changes.

Significance and Impact of the Study: It is thought that the obtained model can also be used in other regions on condition that regional calibration is performed.

Atıf / Citation: Büyüктаş K, Tezcan A, Karaca C, Gümüş Z, Çalışkan R (2019) Determination of the intensity of hail damage of the polyethylene greenhouse covers in the mediterranean region by thermal camera. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :135-141

GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de tarım alanlarının azalması buna karşılık nüfusun hızla artması, birim alandan alınan ürün miktarının yeterli olmaması ve küresel iklim değişikliği gibi nedenlerden dolayı verimi arttırıcı birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir (Tezcan ve Büyüктаş, 2014). Bu önlemler yeni teknoloji

ve tarım tekniklerinin kullanılması, sebze ve meyve üretiminin geliştirilmesi, özellikle de iklim koşullarından bağımsız üreticilik yapılabilen seracılığın yaygınlaştırılmasıdır (Güllüler, 2007). Seracılık birim alandan yüksek verim alınmasını sağlayarak küçük alanların marjinal olarak değerlendirilmesine olanak veren en önemli tarımsal faaliyetlerden birisidir (Sevgican ve ark., 2000). Türkiye’de seracılık iklimin

sağladığı avantajlar nedeniyle yaygın olarak Akdeniz sahil şeridinde yapılmaktadır. Ancak son yıllarda jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda seracılık önem kazanmaya başlamış ve bu yerlerde kurulan modern seralardan kaliteli yüksek verim alınmaya başlanmıştır (Zaimoğlu, 2017).

Günümüzde örtü altı yetiştiriciliği en yoğun olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Antalya ili ise gerek iklimsel yapısı gerekse coğrafi konumu gereği sera üretimi için oldukça uygun bir potansiyele sahiptir (Büyüktaş ve ark., 2016). Antalya'nın cam sera varlığı 2018 yılı verilerine göre Türkiye'nin cam sera varlığının %81.4'ünü, plastik sera varlığı ise Türkiye'nin plastik sera varlığının %52.5'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2019). Ülkemizin sera varlığı açısından Antalya çok önemli bir konumdadır. Ancak, Dünya'da küresel ısınmanın bir sonucu olarak meydana gelen iklim değişikliğine bağlı olarak önümüzdeki 50 yılda birçok ülkenin kuraklık, fırtına, don, dolu, hortum vb. olumsuz iklim koşullarından etkileneceği belirtilmektedir (Kanat ve Keskin, 2018).

Antalya'da tarım alanlarının bulunduğu bölge bir tarafının Toroslarla, bir tarafının denizle çevrili olmasından dolayı ciddi anlamda hasara açık bir bölgedir. Antalya'da heryıl dolu, fırtına ve hortum gibi olumsuz iklim koşullarından dolayı çok sayıda sera zarar görmektedir. Dolu hasarları, bazen sadece plastik ve cam örtülerin hasar görmesine, bazen de seraların tamamen çökmesine ve konstrüksiyon sisteminin devre dışı kalmasına, içindeki ürünün hasar görmesine neden olan hasarlardır (Çalışkan, 2019).

Tarım sektörü doğal ve ekonomik risklerden en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Seracılığında kapsayan tarım sektöründe karşılaşılan risklerin, özellikle de şiddetli yağış, dolu, kasırga, hortum, don, kuraklık gibi doğal risklerin etkilerinin en aza indirilebilmesi ancak tarım sektöründe etkin bir risk yönetiminin uygulanması ile sağlanabilir. Günümüzde dünyada tarım sektörü için kullanılan en önemli ve etkili risk yönetim aracı "Tarım Sigortasıdır". Tarım Sigortası, tarımdaki risk ve belirsizlikler nedeniyle oluşabilecek zararı karşılayan bir güvence sistemidir (Kırkbeşoğlu, 2015).

Dolu yağışının sera örtüsü üzerine farklı büyüklükte ve şiddette çarpmasıyla farklı büyüklükte hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarlar sonucunda sera örtüsü ya tamamen yırtılmakta ya da kısmi olarak zarar görmektedir. Tarım sigortası kapsamında doludan zarar gören sera örtülerinin ne derecede zarar gördüğü, dolu zararı sonrasında kullanılabilir durumda olup olmadığı, konusunda uzman yetkililer tarafından zarar gören seraya gidilerek gerekli olması durumunda sera üzerine çıkılarak kontrol edilmekte ve sigorta kapsamında

değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar verilmektedir. Ancak, bu durum çoğu zaman tehlikeli ve zaman alıcı olabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada Akdeniz Bölgesinde bulunan plastik örtülü seralarda dolu yağışı sonrası zarar gören plastik örtülerin termal kamera ile zarar tespitinin yapılması ve oluşturulan bir abak ile kullanılabilirlik durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanında 2019 yılı Ağustos ayında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bölgede yaygın olarak kullanılan 200 mikron kalınlığında 36 aylık UV+IR+EVA katkılı polietilen (PE) örtü malzemesi kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında yapılan kalınlık kontrol testinde sera örtüsünün ortalama kalınlığının 190 mikron olduğu belirlenmiştir. PE örtü malzemesine yapılan görünür ışık geçişi ve pusluluk testinde pusluluk düzeyinin %71.1, ışık geçirgenliğinin ise %85 olduğu belirlenmiştir. Darbe dayanım testine göre denemede kullanılan PE sera örtüsünün ortalama 1658 g'a kadar dayanım gösterdiği, daha yüksek kuvvetteki darbelerde ise sera örtüsünün tamamen delindiği belirlenmiştir. Dolu zararını simüle etmek amacı ile sera örtüsüne farklı kuvvetlerde darbeler uygulanmıştır. Dolu yağışının sera örtüsüne olan etkisinin homojen olmaması nedeniyle örtü malzemesine uygulanan kuvvetlerin seçiminde ortalama darbe dayanımı değeri dikkate alınmıştır.

Bu değerler 300 gr ile 1800 gr arasında 300'er gram artacak şekilde belirlenmiştir. Farklı kuvvetler 78 cm yükseklikten sera örtüsüne bırakılmış ve sera örtüsü üzerinde farklı şiddette hasarlar elde edilmiştir. Daha sonra her bir farklı kütle için sera örtüsünde hasar meydana getiren kuvvet değerleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Laboratuvar ortamında üzerlerinde hasarlar oluşturulan sera örtüleri ahşap çiteler arasında gerdirilerek Kuzey-Güney yönünde 26.5° açıyla yerden 3 m yüksekliğe yerleştirilmiştir (Şekil 1A). Hasar gören bölgelerin sıcaklık farkı TESTO 875 model termal kamera kullanılarak gün doğumu ile gün batımı arasında saatlik olarak belirlenmiştir (Şekil 1B). Daha sonra termal kamera görüntüleri kullanılarak örtü üzerinde darbeli ve darbesiz noktaların sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bu değerler kullanılarak sera örtüsünün tahribat durumu belirlemek amacı ile X ekseninde tahribatsız bölgenin yüzey sıcaklıklarının olduğu, Y ekseninde ise tahribatlı ve tahribatsız bölgelerin yüzey sıcaklık farklarının olduğu bir abak oluşturulmuştur.



A

B

Şekil 1. A) Darbeli PE örtülerin arazi koşullarında yerleşimi, B) Termal kamera kullanılarak darbeli noktaların ölçümü

Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık farklarının ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi için $p < 0.05$ önem düzeyinde LSD testi yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada farklı şiddette darbelere maruz kalan sera örtülerinin sıcaklık farkı ortalamaları ile ilgili istatistiksel

sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’den görüleceği gibi farklı darbe şiddetleri sonucunda sera örtüsünün yüzey sıcaklığını önemli düzeyde ($p < 0.001$) etkilediği belirlenmiştir. En yüksek sıcaklık farkı 13.8 N m^{-1} konusunda görülmekte olup, bu kuvvete maruz kalan sera örtüsü delinmiştir. Şiddeti 13.8 N m^{-1} olan kuvvete maruz kalan sera örtüleri ağır hasarlı olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2).

Çizelge 1. Farklı şiddette darbelere maruz kalan sera örtülerinin sıcaklık farkı ortalamaları

Darbe şiddeti (N m^{-1})	Sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)
13.8	9.2 A
11.5	5.5 B
9.2	3.9 B
6.9	2.0 C
4.6	0.8 C
2.3	0.0 D
Önem Seviyesi:	%0.1 olasılık seviyesinde önemlidir

*Büyük harfler LSD testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.



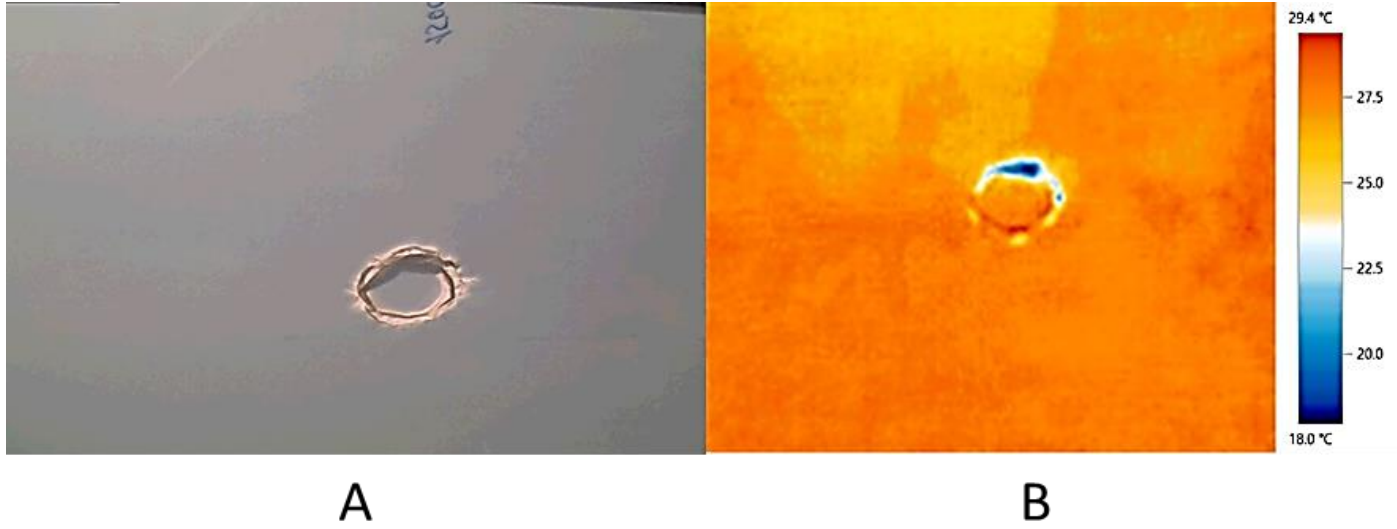
A

B

Şekil 2. 13.8 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü

İstatistik tablodan görüleceği üzere 11.5 N m^{-1} ve 9.2 N m^{-1} kuvvet uygulanan konular arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Buna karşın, bu konularda belirlenen sıcaklık farklarının 13.8 N m^{-1} kuvvet uygulanan konuya kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Bu konulardaki sera örtüleri incelendiğinde

her ne kadar sera örtüsü delinmesede darbe alan bölgelerdeki tahribatın yüksek olduğu görülmüştür. Sera örtülerinden 11.5 N m^{-1} ve 9.2 N m^{-1} kuvvetinde darbeye maruz kalanlar orta hasarlı olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



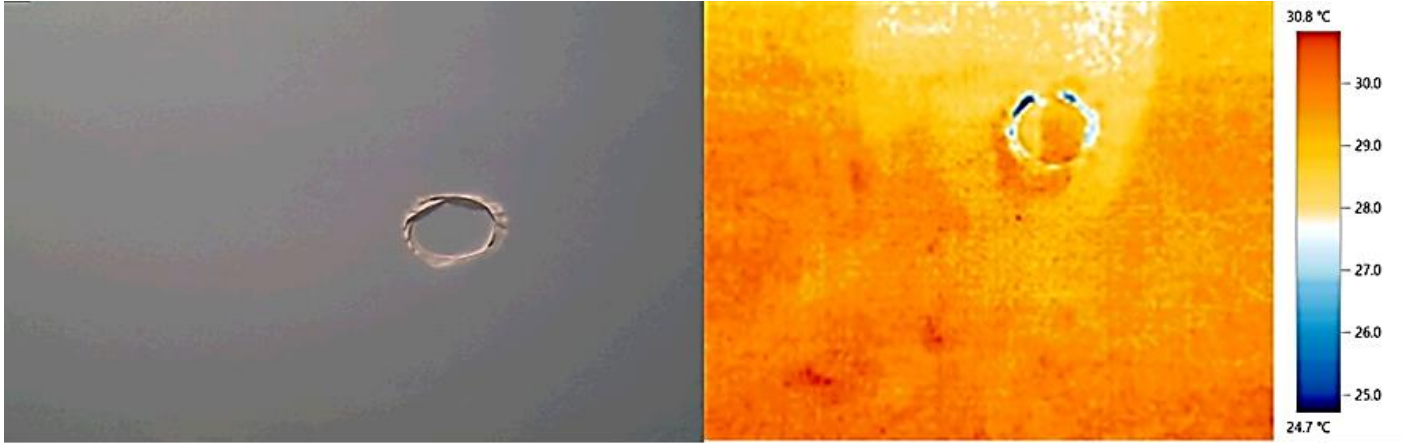
Şekil 3. 11.5 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü



Şekil 4. 9.2 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü

Şiddeti 6.9 N m^{-1} ve 4.6 N m^{-1} olan konularında sıcaklık farkı ortalamaları istatistiksel anlamda aynı grupta yer almaktadır. Ancak, 13.8 , 11.5 ve 9.2 N m^{-1} konuları ile kıyaslandığında sıcaklık farkının daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, sera örtüsü incelendiğinde tahribatın söz konusu diğer konulara kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, 6.9 N m^{-1} ve 4.6 N m^{-1} kuvvetinde darbeye maruz kalan sera örtüleri hafif hasarlı olarak isimlendirilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6).

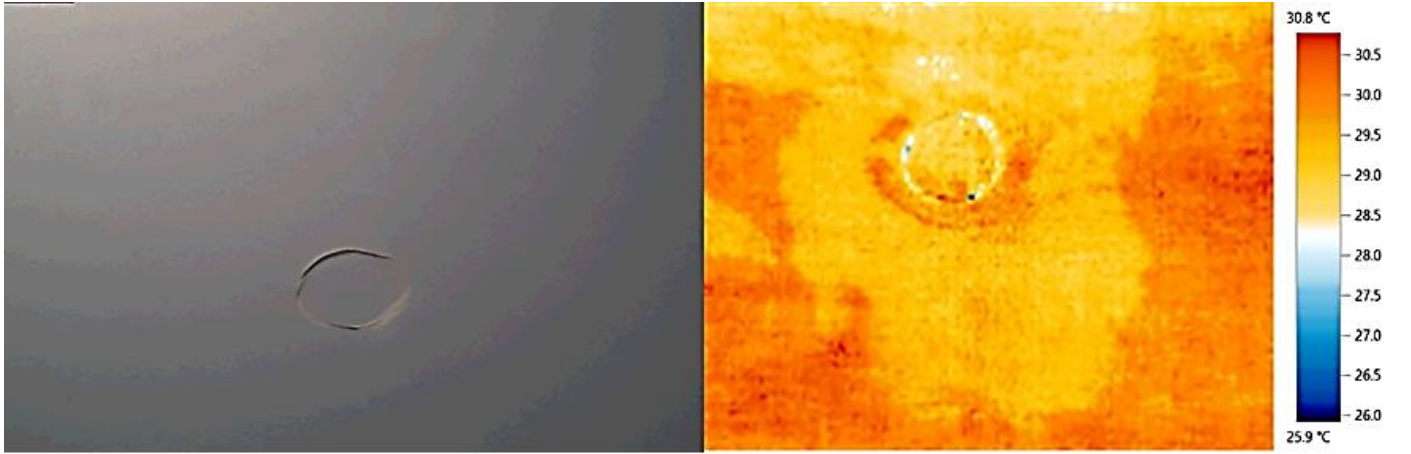
Şiddeti 2.3 N m^{-1} olan kuvvet sonucunda örtü yüzeyinde herhangi bir tahribat meydana gelmediğinden sıcaklık farkı oluşmamıştır. Bu nedenle, 2.3 N m^{-1} konusu hasarsız olarak isimlendirilmiştir (Şekil 7). Tahribatsız bölge ile tahribatlı bölgenin yüzey sıcaklık farkını kullanarak sera örtüsünün hasar boyutunu belirlemek amacı ile abak oluşturulmuştur (Şekil 8).



A

B

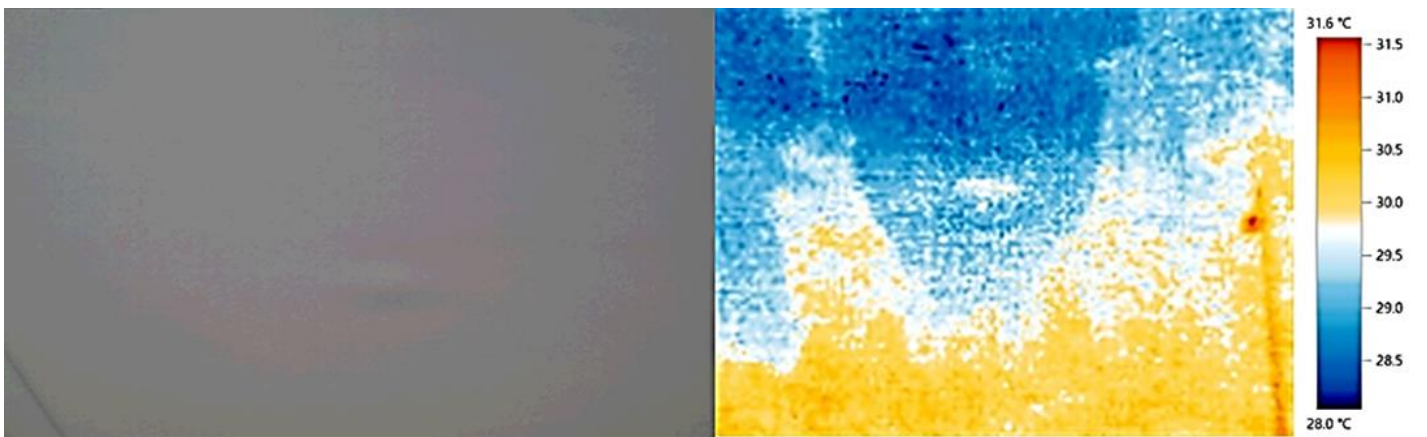
Şekil 5. 6.9 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü



A

B

Şekil 6. 4.6 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü



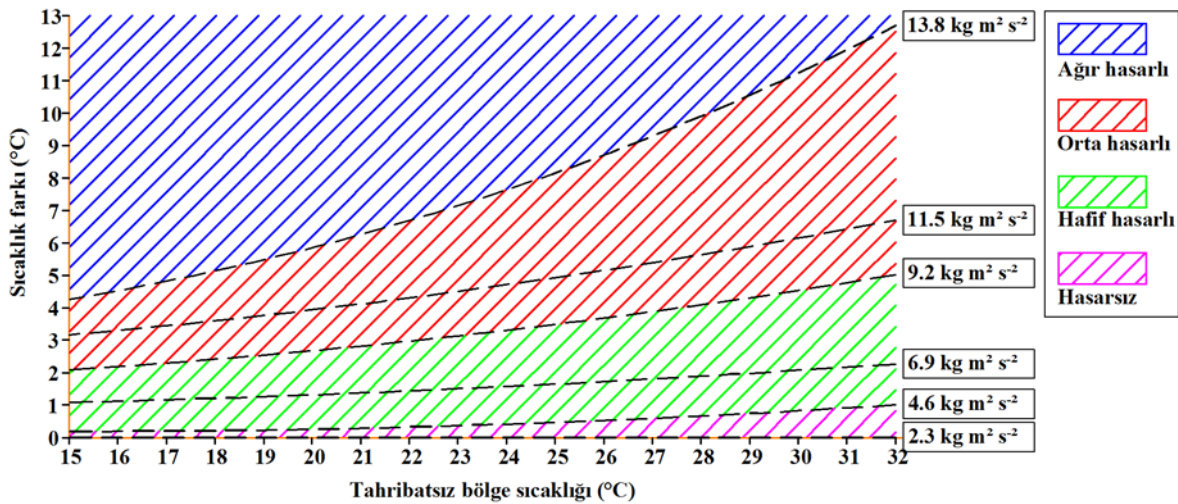
A

B

Şekil 7. 2.3 N m^{-1} kuvvet uygulanan PE sera örtüsünün; A) gerçek görüntüsü, B) termal kamera görüntüsü

Bu çalışmada termal kamera kullanılarak farklı büyüklükteki kuvvetlerin sera örtüsünde meydana getirdiği tahribatın belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu tahribatların belirlenmesi amacıyla, tahribatın olduğu bölgenin yüzey sıcaklığı ile tahribatsız kısmın yüzey sıcaklık farkları kullanılarak bir abak oluşturulmuştur. Abaktaki seçim kriterleri yapılan istatistik analiz sonucuna göre ağır, orta, hafif hasarlı ve hasarsız olarak belirlenmiştir. Dolu yağışının sera örtüsüne olan etkisi birçok etmene bağlı olarak değiştiği için homojen olarak kabul edilmemektedir. Fakat sera örtüsünün doludan ne

ölçüde zarar gördüğünün belirlenmesi gerek yetiştiriciler gerekse sigorta şirketleri açısından önemlidir. Bu çalışmada oluşturulan abak yardımı ile dolu yağışının sera örtüsünde oluşturduğu tahribatın boyutu kolaylıkla belirlenebilecektir. Bu nedenle, yetiştiriciler ve sigorta şirketleri yalnızca yüzey sıcaklığını ölçerek örtünün hasar boyutu hakkında bilgi edinebileceklerdir. Çalışmada Antalya bölgesi için yaygın olarak kullanılan PE örtü malzemesi kullanılmış olup farklı bölgeler için bu yöntem referans alınarak farklı abaklar oluşturulabilir.



Şekil 8. Tahribat gören PE sera örtülerinin kullanım durumlarını gösteren abak

ÖZET

Amaç: Artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yoğun sanayileşme sonucunda atmosferdeki sera gazı yoğunluğu hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak dünyanın pek çok bölgesinde uç hava olayları meydana gelmektedir. Ülkemizde iklim değişikliğinden etkilenmekle birlikte özellikle seracılık faaliyetlerinin yoğun olduğu Akdeniz Havzasında dolu zararları her geçen yıl artmaktadır. Dolu sonrasında plastik sera örtüleri delinebilir ya da plastik malzeme esneyerek özelliğini kaybedebilir. Yetiştiriciler seralarını sera örtüsünde meydana gelebilecek dolu zararına karşı sigortalatabilmektedir. Doğal afetlerden sonra çiftçilerin zararlarının tespiti aşaması, zararların sigortadan karşılanması sürecinde en önemli aşamadır. Bu çalışmada termal kamera kullanılarak dolu zararının şiddetinin belirlenmesi amaçlanmıştır..

Yöntem ve Bulgular: Bu amaçla bölgede yaygın olarak kullanılan 36 aylık PE UV+IR+LD+EVA katkılı 200 mikron kalınlığa sahip sera örtü malzemesi materyal olarak kullanılmıştır. Farklı şiddetteki dolu yağışının plastik örtüde verdiği zararı belirleyebilmek amacıyla Alergo marka düşme test cihazı kullanılarak 6 farklı ağırlık 78 cm

yükseklikten serbest düşüşle sera örtüsüne bırakılmıştır. Elde edilen hasarlı sera örtülerinin deneme iskeletine monte edilmesiyle hasarlı bölge ve sağlam bölge arasındaki sıcaklık farklılıkları termal kamera ile gözlemlenmiştir.

Genel Yorum: Bu sıcaklık değişimleri kullanılarak dolu zararının şiddetinin belirlenmesi amacıyla bir model geliştirilmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Elde edilen modelin bölgesel kalibrasyonun yapılması şartıyla başka bölgelerde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Darbe dayanım, Doğal afet, Sıcaklığa dayalı model, Termal görüntüleyici, Antalya.

TEŞEKKÜR

Yazarlar katkılarından dolayı İMECE Plastik A.Ş.'ye teşekkür eder.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (2019) Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi: 14.08.2019.
- Büyüktaş K, Atılğan A, Tezcan A (2016) Tarımsal Üretim Yapıları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 101, Isparta, 253 s.
- Çalışkan R (2019) Antalya İlinde Son 10 Yılda Doğal Afetlerden Zarar Gören Bitkisel Üretim Yapılarının Yapısal Yönden Etkisinin İncelenmesi ve Tarım Sigortası Destek Durumlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 99 s.
- Güllüler F (2007) Adana İli ve İlçelerindeki Seraların Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi ve T.S.E Standartlarına Uygunluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 95 s.
- Kanat Z, Keskin A (2018) Studies on Climate Change in the World and Current Situation in Turkey. Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty. 49 (1): 67-78.
- Kırkbeşoğlu E (2015) Risk Yönetimi ve Sigortacılık. Gazi Kitabevi Yayınları, Ankara, 650 s.
- Sevgican A, Tüzel Y, Gül A, Eltez RZ (2000) Türkiye'de Örtüaltı Yetiştiriciliği. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Cilt II, 17–21 Ocak, Ankara, Türkiye. s:679-707.
- Tezcan A, Büyüktaş K (2014) Arazi Toplulaştırması. Tarımın Sesi Derg. 37(2): 02-07.
- Zaimoğlu Z (2017) Modeling of Heat Requirements for Agricultural Greenhouse in Different Climate Regions. Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture. 32(4): 79-86.



Analysis of drought period with SPI for Muğla province of Turkey

Türkiye'nin Muğla ili için SYİ yöntemi ile kurak dönem analizi

Ahmet İRVEM¹ , Mustafa ÖZBULDU¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

SPI, drought analysis, Mugla, Ilwis, ReDIM

✉ Corresponding author: Ahmet İRVEM

✉: airvem@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The aim of this study was analyze drought characteristics for 9 districts of Muğla that have long-term precipitation data. To identify drought characteristics such as the number of drought periods and drought durations, and generating maps for visually demonstrating districts where drought is more effective.

Methods and Results: Monthly precipitation data from 1968 to 2011 have been transferred to ReDIM software. SPI values for each station were calculated for 12-month SPI. Some of the results obtained were mapped using Geographical Information Systems (GIS). According to the results obtained for the 12-month SPI analysis under the "SPI < -1" drought period, the maximum number of dry periods with a 1-month period was observed in Fethiye 10 times, Koycegiz 9 times and Dalaman 7 times. The number of dry periods in other stations was between 2 and 5 times. The longest drought period (26 months) was observed in Milas, 24 months in Yatagan and 22 months in Bodrum and Mugla stations. Milas, Yatagan and Bodrum have to be care more for future hydrological drought conditions.

Conclusions: According to the results of analysis 30 years monthly precipitation data. It has been determined that the frequency of drought has increased and the number of drought months has increased gradually. Therefore; more attention should be paid to the effective use of water resources in this area.

Significance and Impact of the Study: Determination of the current situation related to drought periods and durations in Muğla according to the monthly precipitation data of the last 30 years. The areas affected by drought were identified. It was suggested to take necessary protection measures against drought in these areas.

Atıf / Citation: İrvem A, Özbuldu M (2019) Analysis of drought period with SPI for Muğla province of Turkey. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :142-148

GİRİŞ

Günümüzde gerçekleşen hızlı iklim değişiklikleri sonucunda meydana gelen kuraklık; gıda güvenliğini ve tarımı olumsuz etkileyen en yıkıcı doğal afetlerden biridir (Oliveira-Júnior ve ark., 2018). Kuraklık, bir bölgedeki ortalama yağış miktarına göre daha az miktarda yağış nedeniyle başlayan uzun yıllar sürebilen su eksikliği olarak tanımlanmaktadır (Yetmen, 2013). Dünya üzerindeki, su kaynaklarının sürekliliği yağışlar ile sağlandığı için, yağış miktarındaki düşüş kuraklığın

başlıca nedeni olarak kabul edilmektedir. Yağış dışında; sıcaklık, nem ve buharlaşmanın da kuraklık üzerine önemli etkisi bulunmaktadır (Vrochidou ve Tsanis, 2012). Kuraklık, nem eksikliği yaratmasıyla orman ve su kaynaklarında azalmaya sebep olur ve bu azalma da önemli çevresel ve ekonomik (gıda, temiz su, sağlık vb.) sorunlar ortaya çıkartmaktadır. Bu sorunların ortaya çıkmasının önlenmesi ve gerekli tedbirlerin önceden alınabilmesi için bölgenin detaylı kurak analizinin yapılması gereklidir (Bacanlı ve Kargı, 2019). Kurak dönemlerin incelenmesi amacıyla pek çok yöntem

kullanılmaktadır. Bunlar; Standart Yağış İndeksi (Mckee ve ark., 1993), Run Metodu İndeksi (Beyazıt ve Onöz, 2008), Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (Palmer, 1965), Normalin Yüzdesi İndeksi (Willeke ve ark., 1994) ve Aydeniz Metodu (Bozkurt, 1996).

Kuraklık indeksleri, kuraklıkların zamansal ve mekânsal olarak sürekli izlenebilmesine olanak sağladığı için oldukça önemlidir (Svoboda ve ark., 2002; Bagheri, 2016). Kuraklık indekslerinin incelenmesi ile bir bölgedeki yağışın eşik değerinin ne kadar altına düştüğü (kuraklığın şiddeti), kurak dönemin ne kadar sürdüğü (kuraklığın süresi), göz önüne alınan kurak dönemin ortalama hangi aralıklarla tekerrür ettiği (kuraklığın frekansı), göz önüne alınan kuraklığın yakınındaki diğer yerler de görülüp görülmediği (kuraklığın yerel dağılımı) gibi önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Yevjevich, 1967).

İtalya'da yapılan bir çalışmada 43 gözlem istasyonu NCEP/NCAR yağış verilerini kullanarak 1929-1996 yılları arasında kurak dönemleri belirlemede standart yağış indeksi analizini kullanmışlardır. Sonuç olarak 1970 yılından sonra kurak dönemlerin artma eğilimine girdiğini, Standart Yağış İndeksi ile elde edilen sonuçların, yapılan geniş ölçekli meteorolojik analiz sonuçları ile uyumlu olduğunu bulmuşlardır (Giddings ve ark., 2005). Sırbistan'da 1948-2012 dönemleri için 29 istasyondan alınan aylık yağış verileri ile yapılan kuraklık analizi çalışmasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) metodu kullanılmıştır. Sonuçlara göre Sırbistan için 2000 yılı en kurak, 1955 ise gözlemlenen süredeki en yağışlı yıl olduğunu belirtmişlerdir. Kuraklık sıklığının ise yaklaşık % 70'inin normal kuraklık kategorisine girdiğini belirtmişlerdir (Gocic ve Trakovic, 2014).

Şanlıurfa istasyonuna ait 78 yıllık aylık yağış verileri kullanılarak kuraklık analizinin yapıldığı çalışmada, kuraklığın belirlenmesi amacıyla Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılmıştır. Yağış verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerleri ile Şanlıurfa istasyonundaki kurak ve yağışlı dönemlerin şiddeti, büyüklüğü ve dağılımı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ele alınan istasyonda 1986-2014 (29 yıl) arasındaki aşırı kurak geçen ay sayısının, 1937-1985 (49 yıl) yılları arasındaki kurak geçen ay sayısından daha fazla olduğu görülmüştür (Gümüş ve ark., 2016).

Bursa ilinde uzun süreli yağış verisi bulunan Bursa, İznik, Keleş, Mustafakemalpaşa ve Uludağ istasyonları 1969-2015 dönemi için incelenmiştir. Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman periyotları için kuraklık analizi yapılmıştır. Analizi sonuçlarına göre istasyonların kurak, normal veya sulak periyot oranları benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte, kısa süreli periyotlarda (3-6 ay) normal veya hafif

kuraklıklara daha sık rastlanırken, uzun süreli periyotlarda (12-24-48 ay) şiddetli ve çok şiddetli kuraklık gözlenmiştir (Bacanlı ve Kargı, 2019).

Fas'ın orta batısındaki Oum Er-Rbia havzası için yapılan bölgesel kuraklık analizi için 42 yıl boyunca (1970-2011) 25 meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış verileri kullanılmıştır. Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılarak kuraklık özellikleri, sıklığı ve süresi belirlenmiştir. Sonuçlara göre bu havzada, 1980-1987, 1991-1995, 1997-2002 ve 2006-2008 arasındaki zaman aralıklarında kurak dönemlerin meydana geldiğini göstermişler ve orta ve şiddetli arasında değişen yoğunlukta yüksek bir kuraklık frekansına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Havzadaki kuraklıkların süresinin zamanla arttığını, bunun da mevcut su kaynağı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği konusunda uyarılmışlardır (Zhim ve ark., 2019).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Muğla ilinde yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 9 gözlem istasyonunun (Bodrum, Milas, Marmaris, Köyceğiz, Merkez, Datça, Dalaman, Fethiye, Yatağan) 1968-2011 yılları arasındaki yağış verilerini kullanarak, ReDIM yazılımı ile her istasyonun 12 aylık dönemler için SPI değerinin hesaplanmasıdır. Ayrıca, elde edilen sonuçların bazılarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile haritalandırılmasıdır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan ve Türkiye'nin Ege bölgesinde 37° 12' kuzey enlemi ve 28° 21' doğu boylamları arasında yer alan Muğla ilinin rakımı yaklaşık 670 m'dir. Çalışma amacıyla, Muğla ilinde bulunan Yatağan, Köyceğiz, Merkez, Bodrum, Datça, Dalaman ve Marmaris istasyonlarının yağış verileri kullanılmıştır. İstasyonların konumları ve çalışma alanının sınırları Şekil 1'de verilmiştir.

Yağış Verileri

Çalışmada kullanılan Muğla ilinde yer alan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğüne işletilen 9 adet gözlem istasyonunun uzun yıllar toplam aylık yağış serileri kullanılmıştır. Çizelge 1'de yağış gözlem istasyonlarının coğrafi özellikleri verilmiştir

Kullanılan Yazılımlar

İstasyonlara ait aylık toplam yağış verileri ReDIM yazılımına aktararak Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile kuraklık analizleri yapılmıştır. Sonuçların haritalanması amacıyla da ILWIS Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 1. İstasyonların konumları ve çalışma alanı sınırları

Çizelge 1. Yağış gözlem istasyonlarının coğrafi özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Yükselti (m)	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)
17884	Milas	57	37.3027	27.7804
17290	Bodrum	26	37.0328	27.4398
17297	Datça	28	36.7083	27.6919
17886	Yatağan	365	37.3395	28.1369
17298	Marmaris	16	36.8395	28.2452
17296	Fethiye	3	36.6266	29.1238
17292	Muğla (Merkez)	646	37.2095	28.3668
17294	Dalaman	12	36.7719	28.7986
17924	Köyceğiz	24	36.9700	28.6869

Standart Yağış İndeksi

Standart Yağış İndeksi (SYİ) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (Mckee ve ark., 1993). SYİ Eş. 1 ile hesaplanmaktadır.

$$SYİ = \frac{x_i - x_j}{\sigma} \quad (\text{Eş. 1})$$

Burada; x_i : Yağış istasyonundaki i . gözlemdaki yağış (mm), x_j : Uzun dönemli yağış ortalaması (mm), σ : Standart sapmayı temsil etmektedir.

SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır.

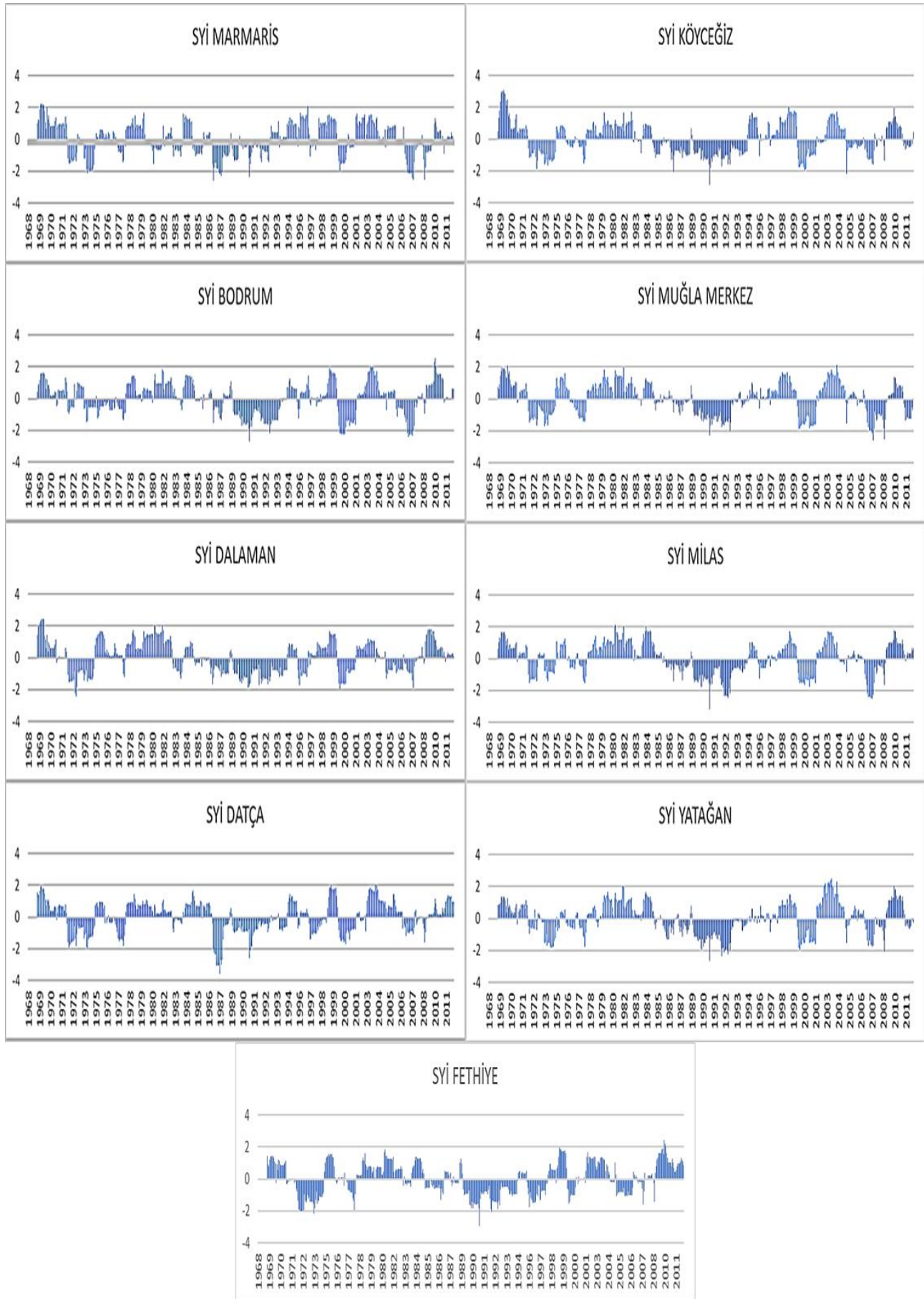
İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir. SYİ yöntemine göre yapılan sınıflandırma Çizelge 2'de verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kurak dönem analizi için, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla ilindeki 9 meteoroloji istasyonuna (Bodrum, Milas, Marmaris, Köyceğiz, Merkez, Datça, Dalaman, Fethiye, Yatağan) ait 1968-2011 yılları arasında ölçülmüş aylık yağış verileri kullanılmıştır. ReDIM programı ile SYİ değerleri hesaplanmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 12 aylık SYİ değerlerinin zamansal dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Yağış gözlem istasyonlarının coğrafi özellikleri

SYİ Değerleri	Sınıflandırma
> 2.00	Aşırı Yağışlı
1.50 < SYİ ≤ 2.00	Çok Yağışlı
1.0 < SYİ ≤ 1.5	Orta Yağışlı
0 < SYİ ≤ 1.0	Hafif Yağışlı
-1.0 < SYİ ≤ 0	Hafif Kurak
-1.5 < SYİ ≤ -1.0	Orta Kurak
-2.0 < SYİ ≤ -1.5	Çok Kurak
-2.0 ≤ SYİ	Aşırı Kurak



Şekil 2. 12 aylık dönem için ilçelerin SYİ dağılımları

12 aylık SYİ değerlerine göre her istasyon için kurak ve yağışlı dönem ay sayıları ve ortalama ay sayıları Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir. SYİ kurak dönem tanımına göre (SYİ < -1), en fazla kurak dönem görülen istasyon Dalaman (24 dönem) olurken en az kurak dönem görülen istasyon ise Milas (13 dönem) olmuştur. Kurak ay sayısı ortalaması en yüksek olan istasyonun Bodrum (6.69 ay), en düşük olan istasyonun ise Köyceğiz (3.78) olduğu belirlenmiştir. Bu kurak dönemler içerisinde "SYİ < -1.5 " olan diğer ifadeyle çok kurak dönem en fazla Yatağan istasyonunda (16 dönem), en az ise Marmaris istasyonu (8 dönem) için

belirlenmiştir. En az, çok kurak dönem görülen yer olmasına rağmen, çok kurak ay sayısı ortalaması en yüksek olan yer de Marmaris istasyonu (5.63) olarak belirlenmiştir. En düşük ortalamaya sahip olanlar ise Köyceğiz (1.92) ve Dalaman (2.25) olarak hesaplanmıştır. Aşırı kurak dönemi ifade eden "SYİ < -2" değeri ise en çok Marmaris'te (7 dönem), en az Dalaman'da (1 dönem) görülmüştür. Ortalama ay olarak ise en yüksek ve en düşük istasyonlar sırası ile; Datça (7.00) ve Köyceğiz (1.00) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Yağış gözlem istasyonlarının coğrafi özellikleri

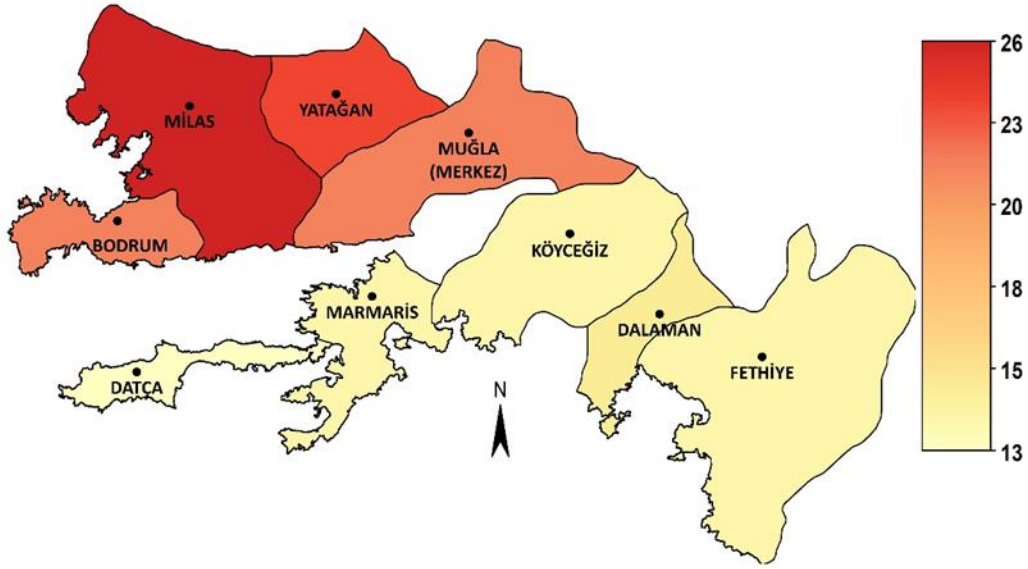
İstasyonlar	Yağışlı (SYİ > 1)	Normale Yakın Kurak (-1 < SYİ < 1)	Orta Kurak (SYİ < -1)	Çok Kurak (SYİ < -1.5)	Aşırı Kurak (SYİ < -2)
Marmaris	22	51	19	8	7
Bodrum	18	45	13	13	4
Dalaman	12	51	24	12	1
Datça	16	43	14	10	2
Fethiye	18	54	21	13	4
Köyceğiz	17	46	23	12	3
Muğla Merkez	16	52	20	12	4
Milas	21	52	12	15	4
Yatağan	14	52	13	16	6

Çizelge 4. 12 aylık SYİ değerlerine göre kurak ve yağışlı dönem ay ortalamaları.

İstasyonlar	Yağışlı (SYİ > 1)	Normale Yakın Kurak (-1 < SYİ < 1)	Orta Kurak (SYİ < -1)	Çok Kurak (SYİ < -1.5)	Aşırı Kurak (SYİ < -2)
Marmaris	4.14	1.00	4.58	5.63	2.57
Bodrum	4.28	0.98	6.69	3.46	4.25
Dalaman	7.75	1.00	3.63	2.25	2.00
Datça	4.69	1.00	5.43	3.40	7.00
Fethiye	5.72	1.00	4.14	2.46	1.01
Köyceğiz	4.94	0.98	3.78	1.92	1.00
Muğla Merkez	5.63	0.98	5.80	3.25	1.25
Milas	4.33	0.98	7.75	2.60	4.00
Yatağan	6.57	0.98	7.38	2.75	1.33

Çizelge 5. 12 aylık SYİ değerlerine göre her istasyon için en uzun kurak dönemler yıllık SYİ değerlerine göre kurak ve yağışlı dönem ay ortalamaları.

İstasyonlar	En Uzun Kurak Dönem		Süre (AY)	SYİ Ort.	SYİ Sınıflandırma
	Başlangıç	Bitiş			
Marmaris	Şubat 1987	Mart 1988	14	-1.88	ÇOK KURAK
Bodrum	Şubat 1992	Kasım 1993	22	-1.48	ORTA KURAK
Dalaman	Kasım 1989	Ocak 1991	15	-1.45	ORTA KURAK
Datça	Mart 1987	Mart 1988	13	-1.14	ORTA KURAK
Fethiye	Aralık 1989	Ocak 1991	14	-1.69	ÇOK KURAK
Köyceğiz	Nisan 1990	Mayıs 1991	14	-1.42	ORTA KURAK
Muğla Merkez	Şubat 2000	Kasım 2001	22	-1.53	ÇOK KURAK
Milas	Nisan 1989	Mayıs 1991	26	-1.43	ORTA KURAK
Yatağan	Mayıs 1989	Nisan 1991	24	-1.38	ORTA KURAK



Şekil 3. İstasyonların en uzun kurak dönem sayıları

ReDIM programı ile hesaplanan 12 aylık SYİ değerlerine göre istasyonların en uzun kurak dönemleri ve SYİ sınıflandırması Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'e göre kurak dönemler incelendiğinde, en uzun kurak dönemin Nisan 1989 – Mayıs 1991 yılları arasında 26 ay ile Milas'ta ve Mayıs 1989- Nisan 1991 yılları arasında 24 ay ile Yatağan'da yaşandığı belirlenmiştir. Ayrıca bölgesel olarak en uzun kuraklık yaşanan yıllar 1989-1991 yılları arası olduğu görülmüştür. En uzun kurak dönem sayıları Ilwis CBS programında Şekil 3'teki gibi haritalandırılmıştır.

Kurak dönem analizi için, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla ilindeki 9 meteoroloji istasyonuna (Bodrum, Milas, Marmaris, Köyceğiz, Merkez, Datça, Dalaman, Fethiye, Yatağan) ait 1968-2011 yılları arasında ölçülmüş aylık yağış verileri kullanılmıştır.

Yapılan 12 aylık SYİ analizinde " $SYİ < -1$ " şartında elde edilen sonuçlara göre kurak dönemlerin zaman olarak süreleri incelendiğinde 1 aylık süreye sahip kurak dönem sayısı en fazla 10 ile Fethiye, 9 ile Köyceğiz ve 7 ile Dalaman'da görülmüştür. Diğer istasyonlarda kurak dönem sayıları 2-5 arasında görülmüştür. En uzun kuraklık süresi 26 ay ile 1 kez Milas, 24 ay ile 1 kez Yatağan ve 22 ay ile 1 kez Bodrum ve Muğla Merkez istasyonunda görülmüştür.

$SYİ < -1.5$ " olan diğer ifadeyle çok kurak dönem en fazla Yatağan istasyonunda (16 dönem), en az ise Marmaris istasyonu (8 dönem) için belirlenmiştir. Aşırı kurak dönemi ifade eden " $SYİ < -2$ " değeri ise en çok Marmaris'te (7 dönem), en az Dalaman'da (1 dönem) görülmüştür. En uzun kurak dönemin ise Nisan 1989 – Mayıs 1991 yılları arasında 26 ay ile Milas'ta ve Mayıs 1989- Nisan 1991 yılları arasında 24 ay ile Yatağan'da yaşandığı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; son 30 yıllık dönemde, kuraklığın görülme frekansının arttığı ve kuraklık görülen ay sayısının giderek artmış olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ; su kaynaklarının etkin kullanımına daha çok önem verilmelidir.

ÖZET

Amaç: Muğla ilinin uzun yıllık yağış verisi olan 9 ilçesinde, SYİ yöntemi ile kuraklık analizinin yapılması, kurak dönem sayısı ve kuraklık süreleri gibi kuraklık özelliklerini belirleyerek, kuraklığın daha etkili olduğu ilçelerin görsel olarak gösterilmesi.

Yöntem ve Bulgular: Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ReDIM yazılımı ile uygulanmıştır. Yapılan 12 aylık SYİ analizinde " $SYİ < -1$ " şartında elde edilen sonuçlara göre kurak dönemlerin zaman olarak süreleri incelendiğinde 1 aylık süreye sahip kurak dönem sayısı en fazla 10 ile Fethiye, 9 ile Köyceğiz ve 7 ile Dalaman'da görülmüştür. Diğer istasyonlarda kurak dönem sayıları 2-5 arasında görülmüştür. En uzun kuraklık süresi 26 ay ile 1 kez Milas, 24 ay ile 1 kez Yatağan ve 22 ay ile 1 kez Bodrum ve Muğla Merkez istasyonunda görülmüştür. 40 toprak örneği alınmıştır. Örneklerde toprakların tekstür, pH, tuz, kireç ve yarayışlı bor içerikleri belirlenmiştir. $SYİ < -1.5$ " olan diğer ifadeyle çok kurak dönem en fazla Yatağan istasyonunda (16 dönem), en az ise Marmaris istasyonu (8 dönem) için belirlenmiştir. Aşırı kurak dönemi ifade eden " $SYİ < -2$ " değeri ise en çok Marmaris'te (7 dönem), en az Dalaman'da (1 dönem) görülmüştür. En uzun kurak dönemin ise Nisan 1989 – Mayıs 1991 yılları arasında 26 ay ile Milas'da ve Mayıs 1989- Nisan 1991 yılları arasında 24 ay ile Yatağan'da yaşandığı belirlenmiştir.

Genel Yorum: Elde edilen sonuçlara göre; son 30 yıllık

dönemde, kuraklığın görülme frekansının arttığı ve kuraklık görülen ay sayısının giderek artmış olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle; su kaynaklarının etkin kullanımına daha çok önem verilmelidir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Muğla ilinde son 30 yıllık yağış verilerine göre, kuraklık dönemleri ve süreleri ile ilgili mevcut durumun tespiti ve kuraklığa karşı alınabilecek önlemlerin öncelikle hangi bölgelerde uygulanması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: SYİ, kuraklık analizi, Mugla, Ilwis, ReDIM.

TEŞEKKÜR

Yazarlar yağış verilerini sağladığı için Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür eder.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığı beyan eder.

KAYNAKLAR

- Bacanlı ÜG, Kargı PG (2019) Uzun ve kısa süreli periyotlarda kuraklık analizi: Bursa örneği. *Doğ. Afet Çev. Derg.* 5(1): 166-174.
- Bagheri F (2016) Mapping drought hazard using SPI index and gis (a case study: Fars province, Iran). *IJEEO.* 3(1): 22-28.
- Beyazıt M, Onöz B (2008) Taşkın Ve Kuraklık Hidrolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 5, Ankara, 259s.
- Bozkurt Ö (1996) Aydeniz metodunun Türkiye'ye uyarlanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bil. Ens. , Coğrafya ABD, 123s.
- Giddings L, Soto M, Rutherford BM, Maarouf A (2005) Standardized precipitation index zones for Mexico. *Atmosfera*, 18: 33-56.
- Gocic M, Trajkovic S (2014) Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia. *J Hydrol.* 510: 110–123.
- Gümüş V, Başak A, Oruç N (2016) Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi. *HU Muh. Derg.* 01: 36-44.
- Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to timescales. *Proceedings of the 8th conference on applied climatology.* American Meteorology Society, January 17–22 Anaheim, California. pp 179–184.
- Oliveira-Júnior JF, Gois G, Terassi PMB, Junior CAS, Blanco CJC, Sobral BS, Gasparini KAC (2018) Drought severity based on the SPI index and its relation to the ENSO and PDO climatic variability modes in the regions North and Northwest of the State of Rio de Janeiro–Brazil. *Atmos. Res.* 212: 91-105.
- Palmer WC (1965) Meteorological Drought. In: *Weather Bureau Research Paper No.45.* U.S. Department of Commerce, Washington DC, USA. pp 65.
- Svoboda M, LeCompte D, Hayes M, Heim R, Gleason K, Angel J, Rippey B, Tinker R, Palecki M, Stooksbury D, Miskus D, Stephens S (2002) The drought monitor. *B. Am. Meteorol. Soc.* 83: 1181–1190.
- Vrochidou AEK, Tsanis K (2012) Assessing precipitation distribution impacts on droughts on the island of Crete. *Nat. Hazard Earth Sys.* 12: 1159-1171.
- Willeke G, Pilon P, Cavadias G (1994) The national drought atlas. Institute for water resources report, U.S. Army Corps of Engineers, USA. 587 p.
- Yetmen H (2013) Van Gölü Havzası'nın kuraklık analizi. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum Derg.* 3 (5): 184-198.
- Yevjevich V (1967) An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic drought. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA, 25 p.
- Zhim S, Larabi A, Brirhet H (2019) Analysis of precipitation time series and regional drought assessment based on the standardized precipitation index in the Oum Er-Rbia basin (Morocco). *Arab. J. Geosci.* 12: 507.



Estimation of monthly precipitation based on machine learning methods by using meteorological variables

Fatemeh Shaker SUREH¹, Mohammad Taghi SATTARI¹, Ahmet IRVEM²

¹University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Department of Water Engineering, Tabriz, Iran.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Hatay, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Data mining, nearest neighbours, precipitation modelling, support vector regression, Chabahar.

Corresponding author: M. Taghi SATTARI

: mtsattar@gmail.com

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The aim of this study is to estimate monthly precipitation by support vector regression and the nearest neighbourhood methods using meteorological variables data of Chabahar station.

Methods and Results: Monthly precipitation was modelled by using two support vector regression and the nearest neighbourhood methods based on the two proposed input combinations.

Conclusions: The results showed that the support vector regression method using normalized polynomial kernel function has higher accuracy and it has lower estimation error than the nearest neighbour method.

Significance and Impact of the Study: Precipitation is one of the most important parts of the water cycle and plays an important role in assessing the climatic characteristics of each region. Modelling of monthly precipitation values for a variety of purposes, such as flood and sediment control, runoff, sediment, irrigation planning, and river basin management, is very important. The modelling of precipitation in each region requires the existence of accurately measured historical data such as humidity, temperature, wind speed, etc. Limitations such as insufficient knowledge of precipitation on spatial and temporal scales as well as the complexity of the relationship between precipitation-related climatic parameters make it impossible to estimate precipitation using conventional inaccurate and unreliable methods.

Atf / Citation: Sureh FM, Sattari MT, Irvem A (2019) Estimation of monthly precipitation based on machine learning methods by using meteorological variables. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :149-154

INTRODUCTION

Precipitation plays an important role in the global water and energy cycle. More than 54% of the world's population lives in areas where the water crisis is serious (Boston et al., 2012). Iran is located in a dry belt, and its average rainfall is only equivalent to one-fifth of the global average (Anonymous, 2016). Naturally, it is quite critical to know the factors affecting rainfall patterns in such areas.

Meteorological parameters are one of the most important factors affecting precipitation. They have a significant impact on agriculture and society. Therefore, precipitation prediction is very important, especially in

developing countries that have large populations and economies that rely on agriculture. During the process of plant growth, drought or heavy precipitation can cause a significant reduction in the yield of the product. Accurate prediction of precipitation helps inform effective decisions for proper planning and sustainable water resources management, flood control, environmental protection, tourism development, and urban development planning.

However, precipitation prediction is difficult as it exhibits large spatial and temporal variability. The intrinsic nonlinear and intricate patterns of precipitation have made it an appealing application for simulation (Asghari and Nasser, 2015).

Ingsrisawang et al. (2008), used Support Vector Machine, Decision Trees, and Artificial Neural Networks for predicting short-term precipitation and developed classification and prediction models in northern Thailand. Data were collected during the years 2004 to 2016.

Zaw (2008), developed a prediction model for the precipitation of Myanmar using Multiple Linear Regressions. There, 15 predictors were used; the results of the study indicated that the predicted precipitation values closely matched the actual values.

Wang and Sheng (2010), used a Generalized Regression Neural Network model for predicting annual precipitation in ZhengZhou. They showed that the Generalized Regression Neural Network has advantages for predicting precipitation compared to Back Propagation Neural Networks and regression analysis methods. The results of the Generalized Regression Neural Network simulation for annual precipitation are better than the Back-Propagation Neural Network.

Sivaramakrishnan and Meganathan (2012), tried to predict the precipitation at the Trichirappalli station in southern India using association rule mining. Data were first filtered using a discretization approach based on the best fit range and then predicted using the Apriori algorithm. Finally, the data were verified using the Kstar classifier approach. The results showed that the overall classification accuracy for the occurrence of rainfall on dry and wet days was satisfactorily using the data mining technique.

Olaiya and Adeyemo (2012), predicted maximum temperature, precipitation, evaporation, and wind speed using data mining techniques. This study was conducted using an Artificial Neural Network, Decision Tree algorithms, and meteorological data between 2000 and 2009 from the city of Dibadan, Nigeria. There, a data model was developed to train the classifier algorithms. The performances of these algorithms were compared using standard performance metrics and algorithms that obtained the best results were used to generate classification rules for the mean weather variables. The results showed that, with enough data, the data mining technique could be used to predict the weather.

Dutta and Tahbilder (2014), predicted precipitation using Multiple Linear Regressions with six-years of meteorological data for Guwahati, India. Maximum and minimum temperatures, humidity, pressure and sea level were used as predictive parameters. The results showed that the prediction model based on Multiple Linear Regression achieved 63% accuracy in prediction of precipitation.

Sethi and Garg (2014), used Multiple Linear Regression to predict precipitation using a 30-year dataset from 1973-2002. The climate data included precipitation, vapor pressure, mean temperature and cloud cover of Udaipur city in India. Experimental results showed a close agreement between the predicted and actual values.

Ji et al. (2012), predicted precipitation using CART (Classification and Regression Tree) and C4.5 algorithms. The study consisted of two steps: (1) determining the chance of precipitation; (2) predicting hourly precipitation when there is a chance of precipitation. Input parameters included wind gusts, wind speed, outdoor humidity, outdoor temperature, evaporation, solar radiation, wind chill, dew point, pressure, cloud base, air density, and vapor pressure. The results showed both methods have high accuracy and are efficient algorithms.

Bushara (2016), predicted precipitation in Sudan using monthly meteorological data and Computational Intelligence (Gaussian Processes, Linear Regression, Multilayer Perceptron, IBK, KStar, Decision Table, M5 Rules, MSP, REPTree, Additive Regression, Bagging, MultiScheme, Ensemble Methodology, and ANFIS). The proposed models were evaluated and compared using correlation coefficients and mean absolute errors. The results indicate that the ANFIS approach gave satisfactory performance.

In the present study, a site with low water resources was selected (the city of Chabahar). The precipitation in the city of Chabahar is low on average compared with the other cities in Iran. Annual precipitation is primarily a result of several sudden events. It also has a high temperature with low volatility, large solar insolation, and poor vegetation.

Significant year-to-year variation in precipitation is the main characteristics of precipitation. An alternative approach is to divide the response space into sub-sections and smaller units as used in regression models based on data mining. Predictions are made faster by using data mining regression and allow a user to identify important parameters.

Consequently, this study aims to determine the accuracy of different models (Support Vector Regression, Nearest Neighborhood Model) for modeling the monthly precipitation of the Chabahar Synoptic Station in the southeastern region of Iran by using meteorological parameters such as maximum temperature, mean temperature, and wind speed.

MATERIAL and METHODS

Area of Study

The port of Chabahar is located on the Makran coast of Sistan and Baluchistan Province, next to the Gulf of Oman and at the mouth of Strait of Hormuz. It is the only Iranian port with direct access to the Indian Ocean. Being close to Afghanistan and the Central Asian countries of Turkmenistan, Uzbekistan, etc., it has been termed the "Golden Gate" to these land-locked countries. Chabahar

Port is located at an area of 11 km² at an elevation of 7 meters above sea level.

Chabahar located in 25°17' latitudes and 60°37' longitudes in most years around 100 millimeters (3.9 in) will fall; however, a positive Indian Ocean Dipole in 1997/1998 led to a record total of 470 millimeters (18.5 in); in contrast between July 2000 and June 2002 only 57.5 millimeters (2.3 in) fell in two years. (Anonymous, 2012). Fig. 1 shows the studied station.



Fig. 1. Location of Chabahar station in Iran

Data Used

In this study, monthly data including precipitation, mean temperature and humidity and direction and wind speed of Chabahar station between 1986 and 2017 were used. Of the total data, 80% of the data were used for model

training and the remaining 20% for testing. The statistical data of the data used in this study are presented in Table 1 and the precipitation chart of Chabahar Meteorological Station is shown in Fig. 2.

Table 1. Total heating value of agricultural residues of Hatay

Variable	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
T _{max} (°C)	22.00	34.90	29.43	3.16
T _{min} (°C)	14.40	30.30	23.24	4.48
T _{mean} (°C)	18.70	32.20	26.32	3.76
RH (%)	38.00	93.00	74.37	9.21
Wind speed (m/s)	5.00	22.00	9.80	2.45
P (mm)	0.00	198.60	9.66	25.47

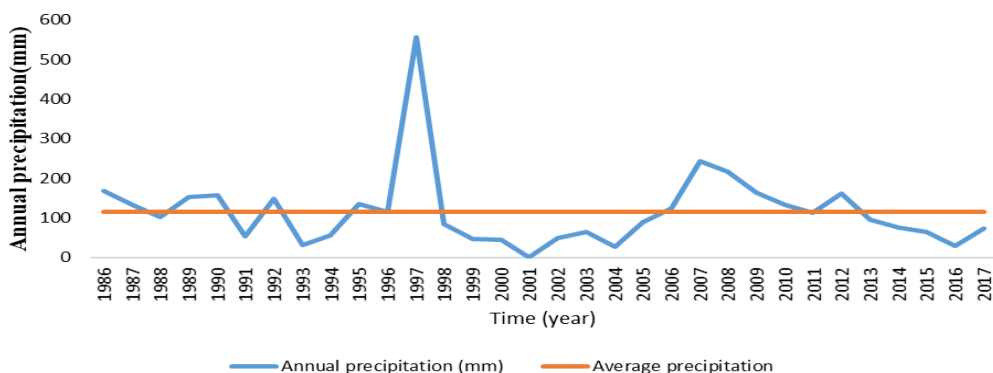


Fig. 2. Chabahar meteorological station precipitation chart

Support Vector Regression (SVR) Model

Support Vector Machine is one of the supervised learning methods introduced in 1992 by Vapnik and Chervonenkis based on the theory of statistical learning. Regression means to obtain a superscript that fits the desired data. The distance of each point from this super file indicates the error of that particular point (Shahrabi and Shojaee, 2011). The best method suggested for linear regression is the least-squares method. However, for regression cases, it is possible that the use of the least-squares estimator in the presence of outliers may not be complete. As a result, the regressor performs poorly. Therefore, a robust estimator should be developed that is not sensitive to small changes in the model. The kernel functions are used to solve the problem of very high dimensions and convert the nonlinear form to linear. In this way, different kernel functions such as polynomial kernels, normalized polynomials, and Pearson can be used. Therefore, it is sufficient to use the kernel of input values instead of the function itself in nonlinear problems.

Nearest Neighborhood Model

Nearest neighborhood model technique is based on the concept of similarity. The results of memory-based reasoning are based on similar situations that have happened in the past. This means that the algorithm stores all the available items and makes numerical predictions based on the similarity measurements. In general, steps can be taken to improve the performance of the nearest neighbor models, including selecting a method for estimating the best neighbors, developing information transfer functions, and developing distance functions. To estimate the best neighborhoods in the nearest neighbor method, different methods have been proposed which can be used depending on the accuracy and the complexity and volume of the problem. One of these methods is the use of empirical relation $K = \sqrt{n}$ where n is the time series and k is the best number of neighbors used in this method. The efficiency of this relationship increases with the increasing length of time series. Trial-Error is another method that can be used to find the best neighbors by selecting different neighborhoods in the best neighborhood and extracting prediction errors. Another function that plays a key role in the performance of the nearest-neighbor method is the distance function, including Euclidean, Minkowski, Manhattan, and Chebyshev (Sharif and Burn, 2006). In this study, we used WEKA software developed by the Waikato University of New Zealand to model the precipitation of the Chabahr station using support

vector regression and nearest neighbor regression methods.

Feature Selection by Relief Algorithm

Relief method uses a statistical solution to select a feature, as well as a weight-based method inspired by sample-based algorithms. One of the most important features and prominences of the Relief algorithm is its suitability for use in a dataset with a small number of educational samples. Therefore, in this research, due to the length of the statistical data, this method was also used to determine the effective parameters for drought modeling. It should be noted that this test was carried out in Weka software.

Feature Selection Based on Correlation (CFS)

Correlation feature selection is a commonly used method for selecting input variables and reducing problem dimensions and is introduced by Hall (1999). The correlation method gives the subsets that have the characteristics with the highest correlation coefficient with the sample class, and the variables with the highest score are considered as the main variable. This algorithm has a high ability to quickly detect unrelated, unnecessary and error-free data, which generally results in the removal of half the data. This feature increases the productivity of the models by reducing the dimensions of the problem.

Model Evaluation Criteria

The purpose of the evaluation criteria is to estimate the error rate and determine the patterns and the structures that have the least amount of rainfall forecasting error. In this study, three evaluation criteria were used; correlation coefficient (R) (Eq. 1), root mean square error (RMSE) (Eq. 2) and mean absolute error (MAE) (Eq. 3).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (y_i - x_i)^2}{N}} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |x_i - y_i| \quad \text{Eq. (3)}$$

In these relations, x_i (y_i) are observational (computational) values. The higher (lower) the correlation coefficient values are, (RMSE and MAE) the more accurate the model is.

RESULTS and DISCUSSION

Combinations of input parameters and their combined ability to modeling precipitation are identified. Table 2 shows the input parameters selected for modeling precipitation based on the RELIEF and CFS algorithms.

Table 2. Input parameters determined by feature selection methods

Algorithm	Variables
Cfs	T_{max} , T_{mean} , Wind speed
Relief	T_{max} , RH, Wind direction

Investigation of Precipitation Modeling Results

Due to the importance of selecting such cases as kernel function in support vector regression and distance function in nearest neighbor method, the performance of these models was first evaluated for different functions using the default values of the parameters of each function to find the optimal function for each. The method of selection is then modeled for precipitation with each binary combination based on the optimal functions. For this purpose, 80% of the data was used for

model training and 20% was used for model testing. The results of the support vector regression and nearest neighbor regression methods using different functions in default mode for the structure of each function are presented in Table 3.

Based on the results presented in Table 3, it can be seen that the best results are obtained in the vector support regression method by using normalized polynomial function and in the nearest neighbor method the best results are obtained using Manhattan function. The nearest-neighbor method was used to determine the optimal neighborhood number to increase the accuracy of the model by trial and error method. However, the combination of the input parameters determined by the correlation method (CFS) is relatively more accurate and less error-free than the combination of the parameters specified by the Relief algorithm. To better understand the results obtained in this study and to visualize the accuracy of the models used in rainfall modeling, the distribution graphs of computational values of data mining methods compared to the observed values of precipitation for the best input parameter combination are shown in Fig. 3.

Table 3. Input parameters determined by feature selection methods

Method	Function used	Combination (Cfs)			Combination (Relief)		
		MAE	RMSE	R	MAE	RMSE	R
Support Vector Regression	Polynomials	7.02	15.08	0.75	7.03	15.32	0.74
	Normalized polynomials	6.73	14.58	0.78	7.51	15.45	0.71
	Pearson	7.38	14.98	0.76	9.04	18.10	0.56
Nearest Neighborhood	Euclidean	16.13	36.83	0.24	9.93	24.33	0.27
	Chebyshev	13.85	28.61	0.31	10.47	23.18	0.24
	Manhattan	14.76	34.66	0.32	10.20	24.27	0.28

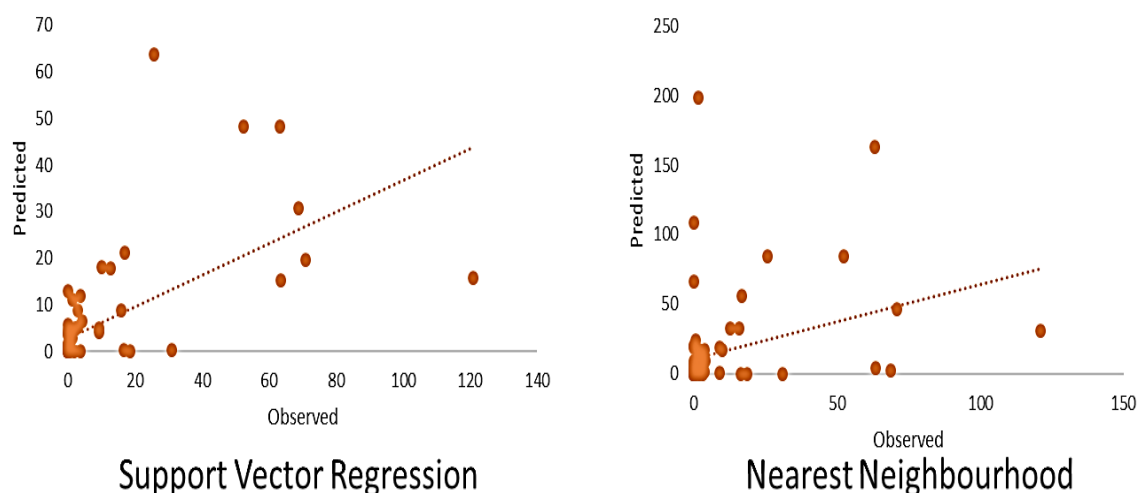


Fig. 3. Predicted and observed precipitation distribution graph.

CONCLUSIONS

Iran suffers from a shortage of precipitation and consequently a shortage of surface and groundwater resources. Important parts of Iran, especially the city of Chabahar, are facing a water crisis. In such circumstances, forecasting and modeling of precipitation values are necessary to provide proper planning in water resources management. In this study, the efficiency of the Support Vector Regression (SVR) and Nearest Neighbor models in the monthly precipitation modeling of the Chabahar Station was evaluated. In this study, monthly precipitation of Chabahar was modeled using different combinations as input variables. In general, the best performance of the model occurred when meteorological parameters such as maximum temperature, mean temperature, and wind speed was considered as inputs of the models. The results showed that the performance of the Support Vector Regression (SVR) model was better than that of the nearest neighbor model. The results also showed that the combination of parameters based on Relief algorithm in the modeling process with the negligible difference is very close competition with the selection of parameters based on correlation method and can be an efficient method for determining effective parameters in hydrological processes especially modeling. Precipitation is generally an easily measured parameter. estimation models used are not satisfactory. This study should be concluded with emphasis on direct measurement of precipitation.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declared no potential conflicts of interest for this study.

REFERENCES

- Anonymous, (2012) Chaharmahal and Bakhtiari Meteorological Administration. Retrieved June 26, 2019, from <https://www.chaharmahalmet.ir/>.
- Anonymous, (2016) Water challenges of Iran. Retrieved June 16, 2019, from <https://water.fanack.com/iran/water-challenges-of-iran/>.
- Asghari K, Nasserli M (2014) Spatial rainfall prediction using optimal features selection approaches. *Hydrol. Res.* 46 (3): 343-355.
- Bostan PA, Heuvelink GB, Akyurek SZ (2012) Comparison of regression and kriging techniques for mapping the average annual precipitation of Turkey. *Int. J. Appl. Earth. Obs.* 19: 115-126.
- Breiman L (2001) Random Forests. *Mach. Learn.* 45(1): 5-32.
- Bushara NO (2016) Rainfall forecasting in Sudan using computational intelligence. PhD Thesis, Sudan University of Science and Technology, 177 p.
- Eyvazi M, Mosaedi A (2012) An investigation on spatial pattern of annual precipitation in Golestan province by using deterministic and geostatistics model. *J. Water Soil*, 26 (1): 53-64.
- Hall MA (1999) Correlation-based feature selection for machine learning. PhD Thesis, University of Waikato, Department of Computer Science, 178 p.
- Ji SY, Sharma S, Yu B, Jeong DH (2012) Designing a rule-based hourly rainfall prediction model. *IEEE 13th International Conference on Information Reuse & Integration (IRI)*. pp. 303-308.
- Khandelwal N, Davey R (2012) Climatic assessment of Rajasthan's region for drought with concern of data mining techniques. *Int. J. Eng. Res. App.* 2 (5): 1695-1697.
- Olaiya F, Adeyemo AB (2012) Application of data mining techniques in weather prediction and climate change studies. *Int. J. Inf. Eng. Elec. Bus.* 4 (1): 51.
- Sethi N, Garg K (2014) Exploiting data mining technique for rainfall prediction. *Int. J. of Comp. Sci. Information Tech.* 5 (3): 3982-3984.
- Sharif MH, Burn D (2006) Simulating climate change scenarios using an improved K-nearest neighbor model. *J. Hydrol.* 325: 179-196.
- Sivaramakrishnan TR, Meganathan S (2012) Point rainfall prediction using data mining technique. *Res. J. Ap. Sci. Eng. Tech.* 4 (13): 1899-1902.
- Wang ZL, Sheng HH (2010) Rainfall prediction using generalized regression neural network: case study Zhengzhou. *International conference on computational and information sciences*. pp. 1265-1268.
- Zaw WT, Naing TT (2008) Empirical statistical modeling of rainfall prediction over Myanmar. *W. Acad. Sci., Eng. Techn.* 2 (10): 500-504.



The use of universal kriging interpolation technique to determine groundwater levels in dry and wet years: A case study in a semi-arid region of Mahdia in Tunisia

Rania SOULA¹, Ali CHEBIL², Mahmut CETIN³, Rajouene MAJDOUB¹

¹University of Sousse, Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, Department of Horticultural Systems and Natural Environment Engineering, Sousse, Tunisia.

²National Research Institute for Rural Engineering, Water and Forestry (INRGREF), Tunis, Tunisia.

³Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Groundwater elevation, drought, overexploitation, kriging with drift, Jeostat software, Mahdia, geostatistical tools

Corresponding author: Rania SOULA

raniaso1@hotmail.fr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Overexploitation of groundwater (GW) resources leads to lowering of the water table and widespread shallow groundwater contamination, particularly in semi-arid and arid regions of the world. The region of Mahdia, located in the Sahel of Tunisia, is a semi-arid region characterized by its limited surface water and groundwater resources. Overexploitation of groundwater in some shallow aquifers has been detected lately in the region due to the increase of population and human activities. This study aimed to figure out spatial and temporal changes in groundwater elevations through using geostatistical techniques.

Methods and Results: In line with the determined objective, data from 102 groundwater observation wells, located in the Mahdia region in Tunisia, were used in this study. The Regional Commissariat for Agricultural Development of Mahdia (CRDA) provided us with the data of groundwater depth observations from 2005 to 2017, surface elevation and coordinates of the groundwater wells. The use of universal kriging, i.e. “kriging with a drift”, method allowed us to make reasonable interpretations on groundwater levels in dry and wet years. Generated maps by Jeostat Software® demonstrated that the relief of the catchment determines the groundwater divide, which controls hydrological processes in groundwater catchments. In addition, generating groundwater elevation maps for dry and wet years was subtracted and a new map was derived, i.e. difference map. Difference map indicated that overexploitation was accentuated in dry years.

Conclusions: The “universal kriging” method allowed us to obtain groundwater elevation contours and to detect groundwater-depleted areas.

Significance and Impact of the Study: Policies and economic instruments should be taken urgently to manage these overexploited aquifers and recreate the groundwater natural level particularly in dry years.

Atif / Citation: Soula R, Chebil A, Cetin M, Majdoub R (2019) The use of universal kriging interpolation technique to determine groundwater levels in dry and wet years: A case study in a semi-arid region of Mahdia in Tunisia. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :155-162

INTRODUCTION

Quantification of the groundwater depletion is of capital importance in order to provide information for effective

groundwater resources management (Zhou et al., 2013). Groundwater depletion can be detected by integrating the changes of groundwater elevation contour maps over the aquifer area or by using calibrated groundwater

models (McGuire et al., 2003). In this regard, geostatistical tools have been widely applied in the sciences of hydrological, environmental, earth, agricultural, etc. to estimate the spatiotemporal variability of data with environmental and economic importance (Christakos, 2000). Geostatistical tools help to characterize and interpret the spatial behavior of existing sample data and to use that interpretation to predict likely values at the locations, which have not been sampled (Clark and Harper, 2000). The most frequently used technique for spatial interpolation is *Ordinary Kriging (OK)*. Simple and ordinary kriging are techniques of *stationary geostatistics*. Nevertheless, in reality, the mean value of some spatial data varies and depends on the absolute location of the sample. This spatial behavior indicates that the variable under investigation is non-stationary. Gundogdu and Guney (2007), Kumar (2007) and Cay and Uyan (2009) used the technique of universal kriging in preference to *OK* to elaborate spatial and temporal analysis of groundwater levels in their studies. Additionally, Gunarathna et al. (2016) pointed out that the lowest root mean square error (RMSE) value for mapping groundwater level in dry season with reference to land surface datum was given by the *Universal Kriging (UK)* method. In *UK* practice, the drift is taken into account by introducing n drift functions, which are functions of the x and y coordinates. In doing so, the *UK* helps us to increase remarkably the overall reliability of estimates at unsampled locations. The stable objective of this study was to figure out spatial and temporal changes in groundwater elevations through using non-stationary geostatistical techniques.

MATERIAL and METHODS

Groundwater and Precipitation Data and Pre-processing of Data for Analysis

In the present work, *Universal Kriging (UK)* is used to interpolate groundwater level data of Mahdia shallow aquifers at the central of Tunisia located between 10°-11° north parallels, and the 35° east meridian. The aquifer system covers an area of 2878 km² and the available data consist of 102 hydraulic head measurements that are randomly distributed over this area. Data of annual rainfall from 1980 to 2017 were statistically analyzed; annual rainfall data followed normal distribution (Fig. 1). Wet and dry years (from 2005 to 2017) were determined by using *standardized precipitation index (SPI, i.e. z-value) method* following the procedure given in Keskiner et al. (2019); and so z -values were calculated. Any given year with negative z -value was classified as a “dry year” and a year with

positive z -value was classified as a “wet year” (Table 1). This classification is useful to estimate and compare the groundwater elevation, based on mean sea level in meters, in *dry* and *wet* years. Elevation of groundwater was calculated as the surface elevation of observation well minus the depth of water table as explained in Cetin and Diker (2003).

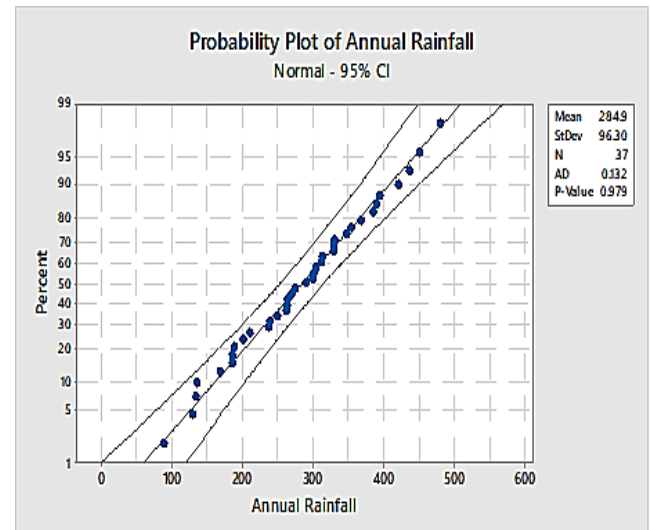


Fig. 1. Distribution of annual rainfall data

Table 1. Classification of years

Annual Rainfall (mm)	Probability	Z_Value	Years
305.12	0.58	0.21	2005
291.04	0.52	0.06	2006
329.95	0.67	0.47	2007
262.40	0.40	-0.23	2008
367.94	0.80	0.86	2009
264.20	0.41	-0.22	2010
249.69	0.35	-0.37	2011
330.55	0.68	0.47	2012
134.30	0.05	-1.56	2013
394.90	0.87	1.14	2014
330.00	0.68	0.47	2015
263.60	0.41	-0.22	2016
436.52	0.94	1.57	2017

Semivariogram Analysis and Models

One of the basic geostatistical tools used for spatial estimation is the semivariogram, i.e. $\gamma(h)$. It represents variation in the value of the parameters observed as a function of the distance between the points in which these observations were made. Modelling a semivariogram is an important step in the geostatistical analysis. Modeling of a semivariogram involves fitting a suitable theoretical semivariogram model to experimental values (Pannatier, 1996; Cetin and Kirda, 2003). A number of candidate theoretical semivariogram

models were used in this work to better describe the shape of the experimental semivariograms. The most

$$\gamma(|h|) = C_0 + C_1 \text{Gauss}_a(|h|) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-3 \frac{|h|^2}{a^2}} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\gamma(|h|) = C_0 + C_1 \text{sph}_a(|h|) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left[1.5 \frac{|h|}{R} - 0.5 \left(\frac{|h|}{R} \right)^3 \right], & \text{if } |h| \leq R \\ C, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$g_{icubic}^*(x, y) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 xy + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 y^2 + \alpha_6 x^2 y + \alpha_7 xy^2 + \alpha_8 x^3 + \alpha_9 y^3 \quad (\text{Eq. 3})$$

commonly used ones (Cetin and Kirda, 2003) were given Eq. 1. Gaussian model with nugget effect.

Where; a : Practical range of influence (in the unit of distance), h : Separation distance between sample pairs (in the unit of distance), C : The sill value of semivariogram, consisting of nugget (C_0) and stochastic (C_1) variance, i.e. $C = C_0 + C_1$. Spherical model with nugget effect.

Detrending and Kriging Estimations

In non-stationary geostatistics, i.e. when the semivariogram has not a stable sill, then, removing the trend component ($g_i^*(x, y)$) from the observed, or original data (g_i) is a prerequisite. This is done by subtracting the value of trend surface from observations, i.e. g_i s. Finally, trend-free data ($g_{ires}(x, y)$) were obtained as explained below. Vieira et al. (2010) mentioned that the method of removing the trend consist of fitting three-dimensional surface to the data by the least squares and subtracting its values from the original g_i s. The degree of the trend surface is determined by conducting analysis of variance (ANOVA), i.e. comparison of F_{values} with F_{table} (Clark and Harper, 2000). The cubic trend surface model might be expressed mathematically as the following Eq. 2.

where; x, y : Universal Transverse Mercator (UTM) coordinates (in the unit of distance), α_i : Regression coefficients.

$$g_{ires}(x, y) = g_i - g_{icubic}^*(x, y) \quad (\text{Eq. 4})$$

The trend model and its parameters (Eq. 3) are determined by conducting ANOVA, then, trend component (or drift) in observed data is removed by using Eq. 4. If de-trending is done accordingly, residuals are supposed to show characteristics of stationary data. If it comes to that, the next step is to determine a suitable theoretical semi-variogram model to experimental semivariogram of residuals, i.e. $g_{ires}(x, y)$, obtained by Eq. 4. Then, kriging estimates of residuals [$\hat{g}_{ires}(x, y)$] are made by solving the kriging

system of equations (Cetin and Kirda, 2003) at the grid nodes established over the study area. Finally, the likely value at any unsampled location, or *grid node* over the study area is estimated as the following.

$$\hat{g}_i(x, y) = \hat{g}_{ires}(x, y) + g_{icubic}^*(x, y) \quad (\text{Eq. 5})$$

where i stands for the grid node number. This method is called as “Universal Kriging (UK)” or *kriging with drift* (Wackernagel, 2003) and (Menafoglio and Secchi, 2013).

RESULTS and DISCUSSION

Semivariogram Models and Estimated Parameters

In this study, “Jeostat” software developed by Mert and Dag (2017) was used to identify the most reliable theoretical semivariogram models for the groundwater variables examined. For dry and wet years, the “Gaussian model” is found as the most consistent model. Cressie goodness of fit statistics indicated a good fit to the observed data (0.053 for wet years and 0.057 for dry years). Experimental semivariograms were obtained by setting the direction angle to 0.0 degrees and tolerance angle to ± 90 degrees. Therefore, omnidirectional experimental semivariograms were obtained for the data. Results were visually depicted in Fig. 2. Additionally, Table 2 indicates the model parameters. It is important to address that semivariograms contained the nugget effect (C_0) which was unusually small. However, having this parameter is an implication of spatial variability at the distances shorter than the minimum sampling distance and other unaccountable experimental measurements errors. In our case, the minimum sampling distance was about 2000 m. The share of stochastic variance (C_1) in sill value (C) was almost the same for the data of dry and wet years, 91.63% and 91.68 %, respectively. However, the range of influence, i.e. a , was a bit higher in wet years (37.3 km) than dry years (35 km).

Experimental semivariograms are the mirror of the spatial behavior of the data in the hand. As seen in the

Fig. 2, they show clearly that there is a significant trend in the values on the larger scale, indicating groundwater elevations are non-stationary.

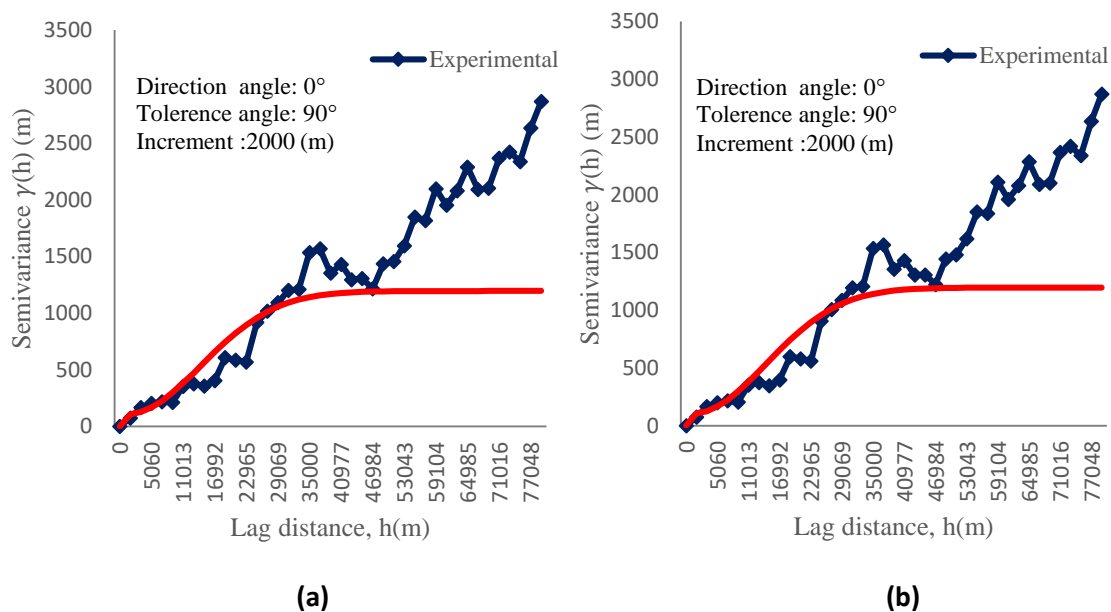


Fig. 2. Theoretical (solid lines) and experimental (smooth lines with markers) semivariograms of the observed (original) groundwater (GW) level data: (a) dry, (b) wet years

Table 2. Gaussian semivariogram model parameters of groundwater elevation data

Variable [GW elevation]	C ₀	C ₁	C	(C ₁ / C)*100	a
Dry years Residuals	100	1095.92	1195.92	91.63	34990.47
Wet years Residuals	100	1102.26	1202.26	91.68	37317.86

C₀: Nugget variance; C₁Stochastic component; C: Sill value (m); a: Practical range of influence (m)

Table 3. Analyses of variance of dry years’ data for modelling trend

Trend model	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F ratio
Linear	74684.83	2	37342.41	80.48
Linear residuals	45930.45	99	463.94	
Quadratic	92699.68	5	18539.93	<u>63.75</u>
Diff (linear and quadratic)	18014.84	3	6004.94	20.65
Quadratic residuals	27915.60	96	290.78	
Partial cubic	92743.06	6	15457.17	52.68
Diff (quadratic and cubic)	43.38	1	43.38	<u>0.14</u>
Partial cubic residuals	27872.22	95	293.39	
Total variation	120615.29	101	1194.21	

Trend Surface Analysis

The method used to justify the sustainability of least squares fit is the Analyses of Variance, i.e. ANOVA in conventional statistics. ANOVA test for determining the degree of drift functions is valid only if residuals are normally distributed. Keeping this in mind, trend surface analysis was done accordingly and ANOVA results were summarized in the Tables 3-5. By comparing the last

column “F ratio” with F table at various significance levels, it was concluded that linear and quadratic trend functions were significantly different, indicating that quadratic trend is better than linear one. As seen in the Tables 3-4, F value for difference between quadratic and linear trend model is statistically significant which means that significant proportion of the variation in the data has been explained by the quadratic trend. Nevertheless, partial cubic trend is not significant (F ratio

= 0.14 < *F table* for dry years; *F ratio* = 0.11 < *F table* for wet years) (Table 3-4) at the 95% probability ($\alpha=5\%$). ANOVA analysis results led us to conclude that the

quadratic trend with the coefficients given in the Table 5 might be used confidently in UK estimates of GW elevations in the region of Mahdia.

Table 4. Analyses of variance of wet years groundwater elevations data for modelling trend

Trend model	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F ratio
Linear	74979.37	2	37489.68	81.63
Linear residuals	45462.09	99	459.21	
Quadratic	93084.62	5	18616.92	<u>65.33</u>
Diff (linear and quadratic)	18105.24	3	6035.08	<u>21.17</u>
Quadratic residuals	27356.84	96	284.96	
Partial cubic	93116.94	6	15519.49	53.95
Diff (quadratic and cubic)	32.32	1	32.32	<u>0.11</u>
Partial cubic residuals	27324.52	95	287.62	
Total variation	120441.47	101	1192.48	

Table 5. Analyses of variance of wet years groundwater elevations data for modelling trend

Climatic conditions	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
Dry years	-476389.23	-0.03	0.25	1.56E-08	-2.10216E-08	-3.33676E-08
Wet years	-478374.50	-0.03	0.25	1.54E-08	-2.11035E-08	-3.34652E-08

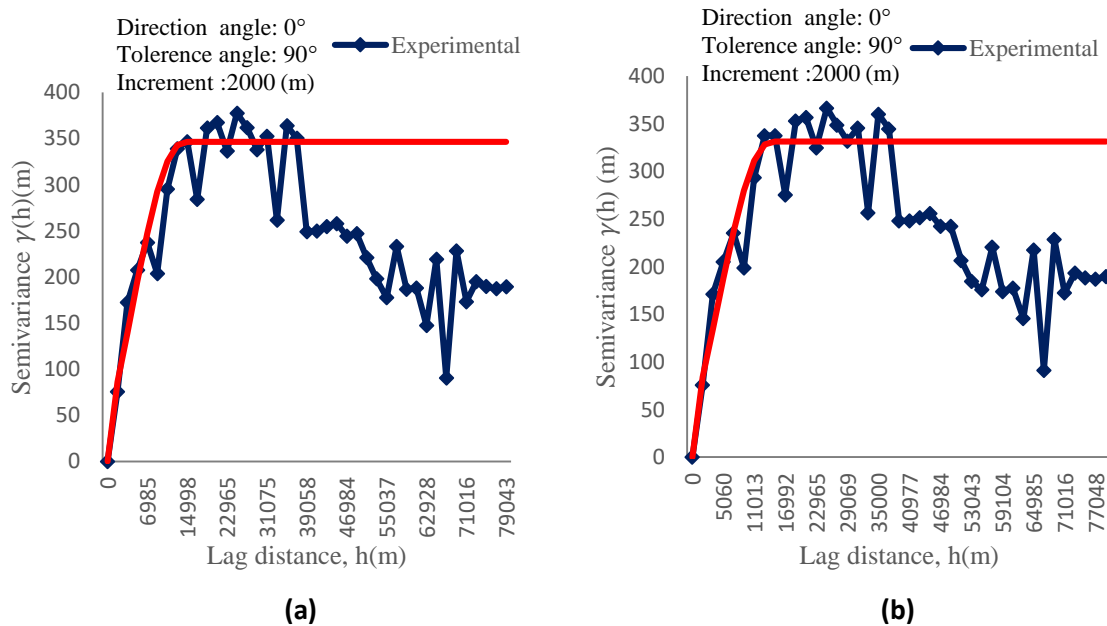


Fig. 3. Experimental semivariograms for the detrended GW elevations of Mahdia’s aquifer: (a) dry, (b) wet years

Table 6. Theoretical semivariogram models and parameters of detrended groundwater elevations (residuals)

Climatic conditions	C_0	C_1	C	$(C_1 / C) * 100$	α
Detrended data for <i>dry</i> years	36.43	309.71	346.14	89.47	14145
Detrended data for <i>wet</i> years	36.62	294.7	331.32	88.94	14145

Semivariogram Analysis for the Detrended Data

Trend component in the GW elevation data was removed by employing Equation 4 for 102-observation points. In this regard, UTM coordinates of GW wells were used in the trend estimation. After removing the influence of the drift in GW elevations, “Jeostat”

software was used to identify omnidirectional experimental semivariograms, and to expose the most reliable theoretical models. Finally, based on the visual examination of experimental semivariograms, it was postulated that “spherical model” containing all possible pairs in all possible directions was the most appropriate

theoretical model for dry and wet years. Cressie goodness of fit statistics of 0.069 for dry years and 0.015 for wet years proved our postulation based on the evidence of visually good fit to the experimental data as seen in the Fig. 3. Spherical semivariogram parameters (C_0, C_1, R) were defined and given in Table 6. As seen in

Fig. 3, the quadratic trend model is well enough to remove drift in the GW elevation data regardless of whether data belong to wet or dry years. Furthermore, the variance structure of detrended groundwater elevation is similar in dry and wet years.

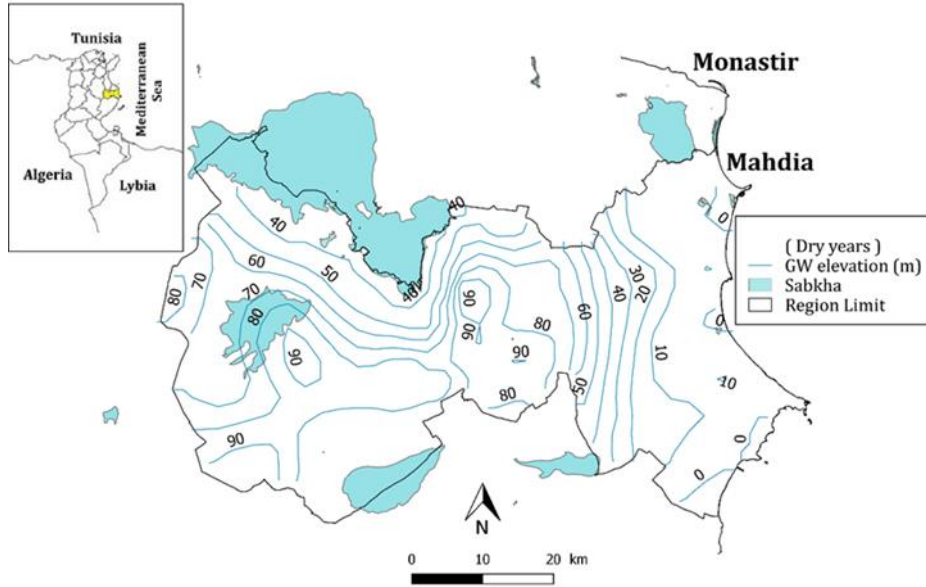


Fig. 4. Groundwater elevation in dry years

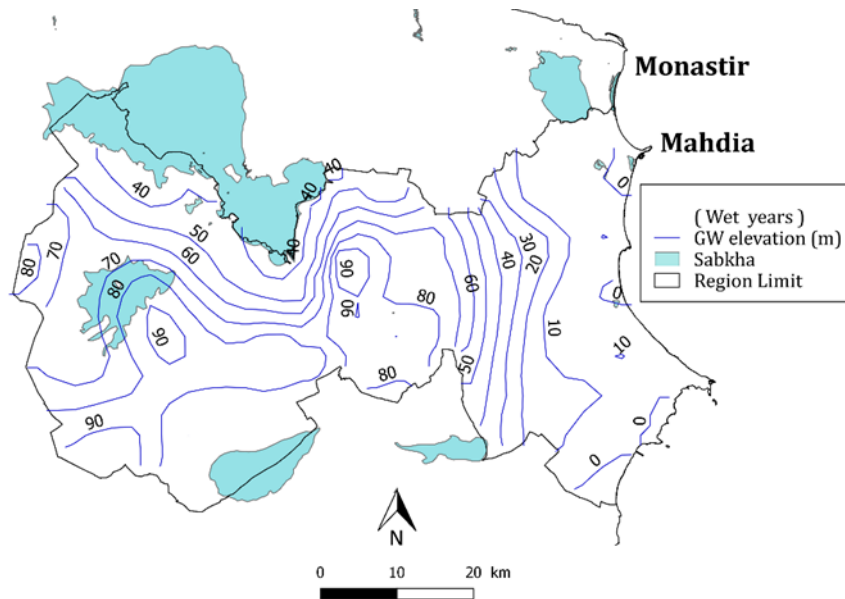


Fig. 5. Groundwater elevation in wet years

Generated Contours of Groundwater Elevation

The most important output of geostatistical studies are *kriging estimation (KE)* and *kriging error (KSD)* maps. In this study, the “*jeostat*” program was used to make kriging estimates of residuals, i.e. detrended GW elevations. To this end, study area was gridded consisting of 630 points/cells (18 rows and 35 columns) with the size of 2.5 km by 2.5 km. Residuals $\{\hat{g}_{ires}(x, y)\}$

and trend $\{g_{iquadratic}^*(x, y)\}$ components were estimated by OK technique and Eq. 3, respectively, for each grid node. Then, Eq. 5 was used to obtain the likely groundwater elevation at each grid node for dry and wet years. Generated groundwater elevation maps were presented in Fig. 4 for *dry* years and Fig. 5 for *wet* years. Yao et al. (2015) concluded in their study that groundwater levels correlated with topographic

elevation. Fig 4 and Fig. 5 showed that the highest groundwater elevations are located in the central parts and in the south west of the region, which follow the surface topographic elevation of the region of Mahdia. Additionally, generated GW elevation maps show clearly that groundwater discharges either into *sabkhas* (Sidi El

Hani, Cherita etc.) or directly to the Mediterranean Sea. Local information proved that generated groundwater elevation maps were in harmony with the hydraulic conditions in the region, indicating that the methodology applied was successful to simulate GW dynamics in region of Mahdia.

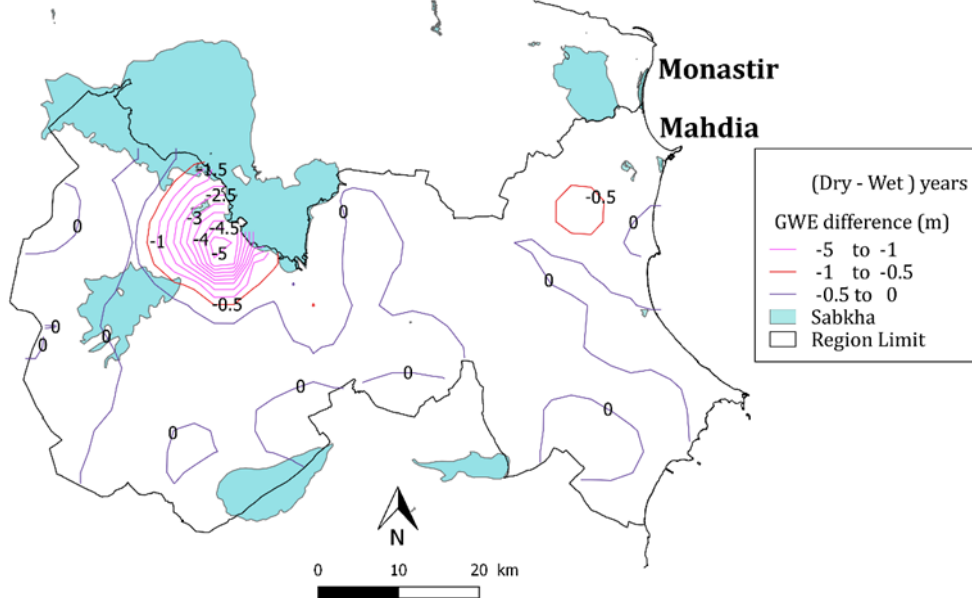


Fig. 6. The difference in groundwater elevation between dry and wet years

Fig. 6 was generated by subtracting Fig 4 and Fig. 5. It shows the diminution of groundwater elevation in dry years comparing by wet years in the majority of the region. Nevertheless, overexploitation is accentuated only in two locations in dry years: in Mahdia-ksouressef aquifer and in the areas located between Souassi and Sidi el Hani Shallow aquifers. Groundwater elevation diminished from 0.5 m to 1 m in Mahdia-ksouressef aquifer, and from 0.5 m to 5 m between Souassi and Sidi el Hani Shallow aquifers. This overexploitation is explained by the presence of private irrigation perimeters in these areas and the excessive and uncontrolled extraction of groundwater. This is a good indication of overstress caused by anthropogenic factors such as agriculture, tourism, etc. on groundwater resources in the profound arid regions.

CONCLUSIONS

Groundwater elevations that cannot be directly measured can be objectively simulated by utilizing geostatistical tools. Experimental semivariograms may be used to figure out whether data are stationary or not. Stationary and non-stationary kriging estimates might be helpful for the groundwater managers and practitioners in the field, particularly in the region of Mahdia, in order

to prepare sensible groundwater management plans for ensuring sustainability of groundwater resources. The method of “*universal kriging*”, i.e. *UK*, was shown its efficiency to obtain the contours of groundwater elevation in wet and dry years. Some areas (private irrigation perimeters) showed high depletion in groundwater elevations in dry years. Thus, policy and measurements should be taken urgently in these areas to maintain the suitability of shallow aquifers in the region of Mahdia.

ACKNOWLEDGEMENTS

This Study was made possible with the occasion of the opportunity given by the Rectorate of Sousse University (Tunisia) to go to Cukurova University (Turkey), located in Adana, for 4-month. The financial support was provided by Erasmus+ mobility program. Authors would like to acknowledge to the Department of Scientific Research Projects of Cukurova University Rectorate for the financial support (Project No: FYL-2019-11771) to attend to the conference.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declare no conflict of interest for this study.

REFERENCES

- Cay T, Uya M (2009) Spatial and temporal groundwater level variation geostatistical modeling in the city of Konya, Turkey. *Water Environ Res.* 81(12): 2460-2470.
- Cetin M, Diker K (2003) Assessing drainage problem areas by GIS: A Case Study in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Irrig Drain.* 52 (11): 343-353.
- Cetin M, Kirda C (2003) Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *J Hydrol.* (272): 238–249.
- Christakos G (2000) *Modern Spatiotemporal Geostatistics.* Oxford University Press, New York. 312 p.
- Clark I, Harper WV (2000) Introduction (Chapter 1). In: *Practical Geostatistics* edited by Ecosse North America Llc. Greyden Press, Columbus Ohio, USA. pp 1-6.
- Gunarathna MHJP, Nirmanee KGS, Kumari MKN (2016) Geostatistical analysis of spatial and seasonal variation of groundwater level: A comprehensive study in Malwathu Oya cascade-I, Anuradhapura, Sri Lanka. *Int. Res. J. Environ. Sci.* 5(8): 29-36.
- Gundogdu KS, Guney I (2007) Spatial analyses of groundwater levels using universal kriging. *Earth Syst. Sci.* 116(1):49-55.
- Keskiner AD, Cetin M, Simsek M, Akin S, Cetiner I (2019) Probabilistic Regional Meteorological Drought Analysis with Standardized Precipitation Index and Normal Precipitation Index Methods in Geographic Information Systems Environment: A Case Study in Seyhan Basin. *Fresenius Environ. Bulletin (FEB)*, 28(7): 5675-5688.
- Kumar V (2007) Optimal contour mapping of groundwater levels using universal kriging-a case study. *Hydrol. Sci. J.* 52(5): 1038-1050.
- McGuire VL, Jonson MR, Schieffer RL, Stonton JS, Sebree SK, Verstraeten IM (2003) *Water in storage and approaches to groundwater management, High Plains aquifers, 2000.* U.S. Geological Survey Circular 1243. 51 p.
- Menafoglio A, Secchi P (2013) A Universal Kriging predictor for spatially dependent functional data of a Hilbert Space. *Electron. J. Stat.* 7(32): 2209–2240.
- Mert BA, Dag A (2017) A Computer Program for Practical Semivariogram Modeling and Ordinary Kriging: A Case Study of Porosity Distribution in an Oil Field. *Open Geosci.* 9(12): 663–674.
- Pannatier Y (1996) *Variowin Software for Spatial Data Analysis in 2D.* Springer-Verlag, New York. pp 91.
- Vieira SR, Carvalho JRP, Ceddia MB, Gonzalez AP (2010) Detrending non stationary data for geostatistical application. *Bragantia, Campinas,* 69 (8): 1-8.
- Wackernagel H (2003) *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications.* Springer. Berlin, Germany. pp 388.
- Yao TK, Fouché O, Kouadio EK, Oga M, Lasm T (2015) Piezometric modeling in precambrian fractured metamorphosed hard-rock: case of the Sassandra watershed (South-Western Côte d'Ivoire). *J. Water Sci.* 28 (2): 105–117.
- Zhou Y, Dong D, Liu J, Li W (2013) Upgrading a regional groundwater level-monitoring network for Beijing Plain, China. *Geoscience Frontiers,* 4 (12): 127-138.



The effects of deficit irrigation on drip irrigated royal table grape cultivars on water-yield relations in Çukurova conditions

Çukurova koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının royal sofralık üzüm çeşidinin su-verim ilişkileri üzerine etkileri

Yeşim BOZKURT ÇOLAK¹ , Attila YAZAR² , Serpil TANGOLAR³ , Gülşen DURAKTEKİN¹ , Engin GÖNEN¹ 

¹Alata Horticultural Research Institute, Soil and Water Resources Research Unit, Mersin, Turkey.

²Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

³Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Adana, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Grapevine, drip irrigation, water use efficiency, water yield relationships

✉ Corresponding author: Yeşim BOZKURT ÇOLAK

✉: yesimcolak@ymail.com.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This research was conducted in 2012 at Experimental Vineyard of Çukurova University in order to determine the water yield relationships in the Royal table grape variety irrigated with drip irrigation system with different deficit irrigation strategies.

Methods and Results: In the study, six different treatments were considered: full irrigation (TS), soil water deficit in the 80 cm within the seven-day intervals was replenished to the field capacity; deficit irrigations, KS₅₀; KS₇₅; and Partial Root-zone Drying PRD₅₀ which received, respectively 50, 75 and a control treatment non irrigated (RF: rainfed). Irrigation interval of 7-day used for all irrigated treatments. Experimental design is randomized blocks with three replications. In general, irrigation treatments had significant effect on yield at 1% level. Highest yield was obtained from the full irrigation (TS) as 33.4 t ha⁻¹, and the lowest yield was obtained 17.9 t ha⁻¹. The highest seasonal water use (ET) was determined in the TS treatment as 837 mm; and the lowest yield was in the RF treatment 293 mm. Significant second degree polynomial relationships between grape yield (Y) and (I) and grape yield (Y) and water use were found as $Y = -0.016I^2 + 34.53I + 17798$ ($r^2 = 0.980^{**}$); and $Y = -0.025ET^2 + 57.43ET + 3140$ ($r^2 = 0.978^{**}$), respectively. The highest water use efficiency (WUE) was found in RF treatment 6.11 kg m⁻³, the lowest one was found in TS treatment 3.99 kg m⁻³.

Conclusions: It has been determined that PRD applications in Royal table grape cultivar provide water saving compared to full irrigation and may be an appropriate irrigation strategy in vineyard irrigation.

Significance and Impact of the Study: It is very important for producers to give up their growing habits without irrigation in vineyard cultivation in the Mediterranean Region.

Atf / Citation: Bozkurt Çolak Y, Yazar A, Tangolar S, Duraktekin G, Gönen E (2019) The effects of deficit irrigation on drip irrigated royal table grape cultivars on water-yield relations in Çukurova conditions. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :163-171

GİRİŞ

Ülkemizin kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alması sulamanın önemini arttırmaktadır. Yıllık toplam yağışı

500-600 mm'nin üzerinde olan yerlerde toprak tipine bağlı olarak sulama yapılmaksızın bağcılık yapılabilmektedir. Ancak yıllık yağışın düşük olduğu yerlerde asmanın gelişimi açısından sulama yapmak

kaçınılmaz olmaktadır. Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü bölgelerde bağın su tüketimi, gözlerin uyanmasından hasada kadar geçen dönem için 500 mm, ancak tüm mevsim için 800 mm civarındadır. Dolayısıyla, Akdeniz bölgesinde genel olarak yağışın çok sınırlı olduğu Mayıs, Haziran, Temmuz aylarında sulama yapmak gerekmektedir.

Son yıllarda ülkemizdeki sulama sistemlerindeki gelişmeler sayesinde bağcılıkta da sulamanın önemi giderek artmıştır. Bağ yetiştiriciliğinde damla sulama sistemleri su kullanımında tasarrufu sağlayan sulama yöntemlerinden biridir.

Damla sulama ile sağlanan su tasarrufunu daha da arttırabilmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri kısıntılı damla sulama diğeri ise kısmi kök kuruluğu (Partial Root-Zone Drying, PRD), sulama işletme biçimidir.

Kısmi kök kuruluğu (PRD) bir kısıntılı sulama uygulaması olup bitki kök sisteminin yarısı kuruma sürecindeyken diğeri yarısı ıslatılmaktadır. Bir sonraki sulamada ıslak ve kuru bölgeler alternatif olarak değişmektedir. Islatılan kökler bitkide yüksek kök su potansiyelini korurken kuru köklerde su stresi oluşmaya başlar. Asmalar, kullanılabilir sudaki değişime tepkilerini stoma iletkenliğini düzenleyerek, yapraklardan terleme hızını ayarlayarak gösterirler. Köklerde su stresi nedeniyle oluşan absisic asit (ABA) gibi bitki büyüme hormonları aracılığı ile stoma iletkenliğini etkileyebilir (Zhang ve Davies, 1990; Tardieu ve ark., 1992). Köklerde sentezlenen ABA miktarı su stresi altında artar ve ksilem aracılığı ile yapraklara iletir (Davies ve Zhang, 1991). Bitki bu duruma tepki olarak stoma açıklığını azaltır ve terlemeyle su kaybını sınırlandırır. Bu nedenle bitkide kök kaynaklı ABA konsantrasyonunun artması stoma iletkenliği ve yaprak büyüme hızını azaltabilir. Dolayısıyla, asmalarda sulama yönetimi, sürgün büyümesini ve terlemeyi kontrol eden ABA gibi kökte oluşan hormonal sinyalleri özendirmek için kök bölgesinin kısmi kök kuruluğu uygulamalarını içerebilir. PRD yöntemi ile birçok meyve bahçelerinde denemeler yürütülmüştür (Zhang ve Davies, 1990; Tardieu ve ark., 1992; Stoll ve ark., 2000; Dry ve ark., 2001; Kang ve Zhang, 2004; Chaves ve ark., 2007; Fereres ve Soriano, 2007; Açar, 2010; Duraktekin ve ark., 2017). PRD, Avustralya gibi kurak ve yarı kurak iklimsel özellikler gösteren bölgelerde özellikle bağ sulamaları için geliştirilen ve genellikle verimde önemli bir azalmaya neden olmayan, bununla birlikte geleneksel sulama yöntemlerine göre sulama suyu miktarının azaltılmasına rağmen su kullanım randımanında önemli ölçüde artış gösteren sulama tekniğidir. PRD sulamasında uygulanan su %50 azaltılmasına karşın su kullanım randımanı yaklaşık %85 artmıştır (Dry ve ark., 2001).

Belirli koşullarda kısıntılı sulama kaynakları durumunda bitkilerin kısıntılı sulama stratejilerine karşı tepkilerinin bilinmesi özellikle azalan tarımsal su kaynakları koşullarında oldukça önemlidir. Su kaynaklarının kısıtlı olduğu yörelerde suyun etkin kullanılmasını sağlayacak kısıntılı sulama teknikleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Gündüz, 2007; Romero ve ark., 2010; Açar, 2010; Yazar ve ark., 2010; Terry ve Kurtural, 2011; Sofo ve ark., 2012; Tangolar ve ark., 2015; Bozkurt Çolak ve ark., 2017; Topuz ve Dağdelen, 2017; Tangolar ve ark., 2018; Coşkun ve ark., 2018).

Bu çalışma, Çukurova Bölgesinde yetiştirilen Royal sofralık üzüm çeşidinde damla yöntemiyle uygulanan farklı kısıntılı sulama rejimlerinin Royal sofralık üzüm çeşidinde su-verim ilişkilerine etkilerini saptamak amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma 2012 yetiştirme mevsiminde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Uygulama Bağında yürütülmüştür. Anılan alanın denizden ortalama yüksekliği 20 m olup 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Akdeniz iklim kuşağında bulunan Adana ilinde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Uzun yıllık verilere göre yağış ortalaması 670.8 mm, sıcaklık ortalaması 19.1°C ve yıllık buharlaşma 1536 mm'dir. Yağış miktarları araştırma yılının Mart ayında 61.5 mm, Nisanda 19.5 mm, Mayıs'ta 87 mm, Haziranda 9 mm, Temmuzda 4 mm olarak ölçülmüştür. Mayıs-Ağustos ayları arasındaki dönemde araştırma yıllarında kaydedilen yağış miktarları genel olarak uzun yıllar ortalamasından daha düşük diğeri bir deyişle daha kurak geçmiştir. Bağın vejetasyon dönemi (gözlerin uyanmasından hasada kadar geçen dönem) olan Mart-Ağustos ayları arasındaki ortalama maksimum sıcaklık Ağustos ayında 29.4°C, minimum ortalama sıcaklık ise 12.1°C olarak Mart ayında gerçekleşmiştir.

Mutlu serisine giren deneme alanı toprakları oldukça yaşlı alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş vertisollerdir. Hemen hemen düz ve düze yakın topografyalarda yer alırlar. Bütün profil yüksek oranda kil içerir. Kireç bakımından orta derecede zengindir ve koyu kırmızı kahve renklidir (Özbek ve ark. 1974). Deneme yapılan alanda toprağın; tarla kapasitesi 25.19-29.42 g g⁻¹, solma noktası ise 9.37-12.71 g g⁻¹, hacim ağırlığı 1.37-1.47 g cm⁻³, pH'ı, 7.61-7.90; tuz içeriği 0.402-0.459 dS m⁻¹ arasında değişmektedir. Toprak bünye analiz sonuçlarına bakıldığında 0-80 cm'lik toprak katmanında kumlu tınlı bünyeye sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan sulama suyu, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve

Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından pompayla alınarak Bahçe Bitkileri Araştırma ve Uygulama Bağcılık İşletmesinde bulunan 200 m³ hacimli beton havuzda depolanan sudan sağlanmıştır. Kullanılan sulama suyunun kalitesi C₂S₁ sınıfındadır.

Araştırmada bitkisel materyal olarak, Amerikan asma anacı üzerine aşılınmış 12 yaşındaki Royal sofralık üzüm çeşidi kullanılmıştır. Deneme yapılan bağda dikim aralığı sıra üzeri 2.5 m, sıra arası 3.0 m olup asmalar guyot terbiye sistemine göre yetiştirilmiştir. Kısa ve uzun budanmış dalların bir arada bulunduğu karışık budama şekli uygulanmıştır. Deneme süresince, omcaların kış budaması ile yaz budaması kapsamında filiz, yaprak ve uç alma uygulamaları yapılmıştır. Denemenin kış budaması 21 Şubat 2012 tarihinde yapılmıştır.

Araştırmada altı farklı sulama konusu (TS: bir haftalık sulama aralığında 80 cm'lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirildiği tam sulama konusu; KS₇₅: TS konusuna uygulanan suyun %75'inin verildiği kısıntılı sulama konusu; KS₅₀: TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği kısıntılı sulama konusu; PRD₅₀: TS konusuna verilen suyun %50'sinin alternatif olarak bir lateralden uygulandığı yarı ıslatmalı sulama konusu; PRD₇₅: TS konusuna verilen suyun %75'inin alternatif olarak bir lateralden uygulandığı yarı ıslatmalı sulama konusu; RF: Yağışa dayalı sulama konusu) incelenmiştir. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Her bir parselde 8 asma (8x2.5=20 m) bulunmaktadır. Her bir parselin uzunluğu 20 m; parsel alanı ise 3m x 20m= 60 m² dir.

Tam sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı Eş. 1 ile hesaplanmıştır (Yazar ve ark., 2010).

$$I = A * P * \Delta s \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte; "I" her bir sulamada uygulanacak sulama suyu miktarını (mm), "A" parsel alanını (m²), "Δs" 80 cm'lik profildeki eksik toprak nemini (mm) temsil etmektedir. "P" ıslatma yüzdesini temsil etmiştir ve %35 olarak belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan damla sulama sistemi arazi eğimli olduğundan basınç gidericili damlatıcılı lateraller kullanılmıştır. İşletme basıncı 1.5 kg cm⁻², damlatıcı aralığı 50 cm, damlatıcı debisi 2.3 L h⁻¹ dir.

Toprak profilinin ilk katmanında (0-20 cm) gravimetrik yöntemle, 20-80 cm arasında ise 20 cm'lik artışlarla nötronmetre yöntemiyle toprak nemi gözlemleri yapılmış ve hasada dek sürdürülmüştür. Toprak nem ölçümleri 80 cm'lik toprak profilinin altında geçirimsiz katman olduğundan 80 cm'e kadar ölçülebilmektedir. Bitki su tüketiminin hesaplanmasında su dengesi eşitliği kullanılmıştır (Howell ve ark. 1986). Asma bitkisinin 80

cm'lik toprak profilinden tükettiği su miktarı su dengesi eşitliği ile hesaplanmıştır. Su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) belirlemek amacıyla Zhang ve ark. (1999)'nın verdiği Eş. 2 ve Eş. 3 kullanılmıştır.

$$WUE=Y/ET \quad (\text{Eş. 2})$$

$$IWUE=Y-Y_0/I \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitliklerde; "IWUE" sulama suyu kullanım randımanı (kg m⁻³), "WUE" su kullanma randımanı (kg m⁻³); "ET" evapotranspirasyon (mm) "I" uygulanan sulama suyu (mm), "Y" sulanan konulardan elde edilen yaş üzüm verimleri (kg ha⁻¹) "Y₀" susuz konulardan elde edilen yaş üzüm verimlerini (kg ha⁻¹) temsil etmektedir.

Mevsimlik ve mevsim içerisinde değişiklik gösteren sulama suyu uygulamalarına bağlı olarak ortaya çıkan ilişkiler bitki su-verim ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Doorenbos ve Kassam (1979), bitki su tüketiminde meydana gelen azalmanın kısıtlı su uygulamasına bağlı olduğunu, böylece verimde de bir azalma gözleneceğini belirtmişlerdir. Çalışmada su ile verim arasındaki ilişki, Stewart modelinden yararlanılarak Eş.4 ile belirlenmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$(1-Y_a/Y_m) = k_y (1-ET_a/ET_m) \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlikte; "Y_a" gerçek verim (kg ha⁻¹), "Y_m" Maksimum verim (kg ha⁻¹), "ET_a" gerçek mevsimlik su tüketimi (mm), "ET_m" maksimum su tüketimi (mm) "k_y" verim azalma oranı değerlerini göstermektedir.

Tüm konulara eşit miktarda gübre uygulanmıştır. Gözlerin uyanması sırasında 70 kg ha⁻¹ N, fosfor ve potasyum hesabı ile yaklaşık 50 kg da⁻¹ kompoze gübre (15:15:15) kullanılmıştır. Tane tutumu döneminde azot kaynağı olarak Üre (%46N) ve Potasyum kaynağı olarak da Potasyum sülfat (%50 K₂O) 7'şer kg da⁻¹ saf azot ve potasyum hesabına göre toprağa verilmiştir.

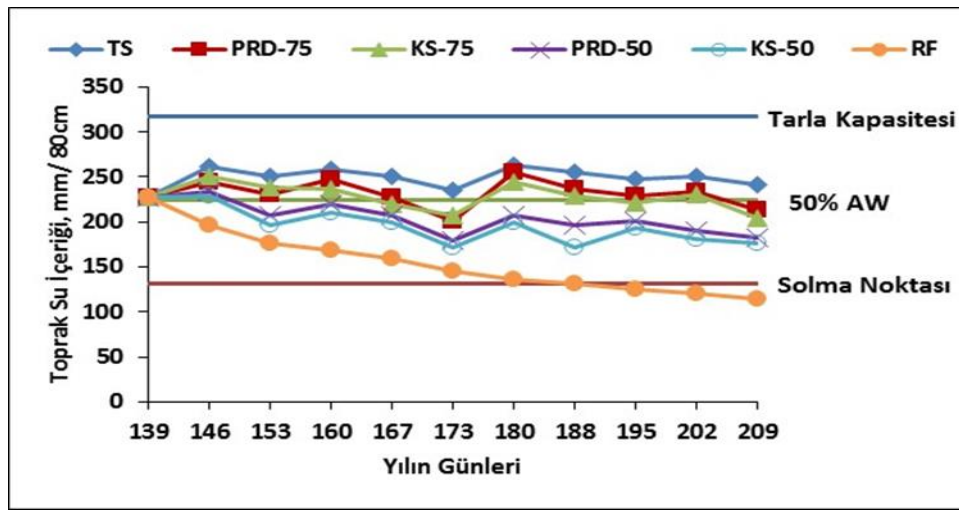
Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket programı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır (Açıkgöz ve ark., 1994).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma yılında sulama konularında toprak profilinin 80 cm derinliğinde sulamalardan bir gün önceki toprak su içeriğinin zamana göre değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Araştırmada genel olarak TS konusu, PRD₇₅ konusu ve KS₇₅ konusu mevsim boyunca %50 kullanılabilir suyun üzerinde kalırken, diğer sulama konularında toprak su

içeriği kullanılabilir nemin %50'sinden aşağıya düşmüştür. Mevsim boyunca en yüksek nem değerleri TS sulama konusunda olurken, (%50 AW) anılan konuyu sırayla PRD₇₅, KS₇₅, PRD₅₀, KS₅₀ ve son olarak yağışa dayalı (yada RF konusu) konu takip etmiştir. Mevsim sonuna doğru nem değerleri düşmeye başlamış yağışa dayalı sulama konusunda solma noktasının altına düşmüştür. Araştırmada konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ile deneme konularına ilişkin mevsimsel bitki su tüketimi (ET), verim, su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge

1'de verilmiştir. Sulamalara 80 cm toprak derinliğinde bulunan kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde başlanmıştır. Araştırma yılında sulamalara 18.05.2012 (YG-139) tarihinde başlanmış ve 20.07.2012 (YG-202) tarihinde son verilmiştir. Toplam 10 sulama uygulaması yapılmıştır. Çizelgeden de görüleceği gibi tam sulama (TS) konusuna toplam 671 mm, PRD₇₅ ve KS₇₅ konusuna 503 mm, PRD₅₀ ve KS₅₀ konularına ise 336 mm su uygulanmıştır. Kontrol konusuna sulama suyu uygulanmamıştır.



Şekil 1. Toprak su içeriğinin zamansal değişimi

Çizelge 1. Araştırmada konularına göre, toplam sulama suyu miktarı, mevsimlik bitki su tüketimi (ET), verim, su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri

Konular	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	Verim** (kg ha ⁻¹)	WUE** (kg m ⁻³)	IWUE** (kg m ⁻³)
TS	671	837	33365 a	3.99 d	2.30 d
PRD ₇₅	503	698	32019 ab	4.59 bc	2.80 b
KS ₇₅	503	707	31059 b	4.39 cd	2.61 c
PRD ₅₀	336	561	28188 c	5.02 b	3.06 a
KS ₅₀	336	567	26288 d	4.64 bc	2.49 c
RF	0	293	17911 e	6.11 a	-

P<0.01(** %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (* %5 düzeyinde önemli) P>0.05 öd (önemli değil)

Çizelge 2. Araştırma yıllarında Royal sofralık üzüm çeşidinin verim, WUE ve IWUE istatistiksel analiz sonuçları

İstatistiksel Analiz	Verim (kg ha ⁻¹)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
CV(%)	3.1	6.7	3.5
LSD (0.05)	1566	0.58	0.17
P (olasılık)	0.001**	0.0005**	0.001**

P<0.01(** %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (* %5 düzeyinde önemli) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırma yılında gözlerin uyanmasından hasada kadar geçen dönem için toplam yağış 181 mm'dir. Mevsimlik su tüketimleri sulama konularına göre 293-837 mm arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketiminin de arttığı görülmüştür. KS₇₅

ve KS₅₀ konuları sırasıyla PRD₇₅ ve PRD₅₀ konuları ile aynı sulama suyu miktarını almasına rağmen, PRD konularında daha düşük ET değerleri belirlenmiştir. Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar bağların mevsimlik su tüketiminin 500-1200 mm arasında değiştiğini

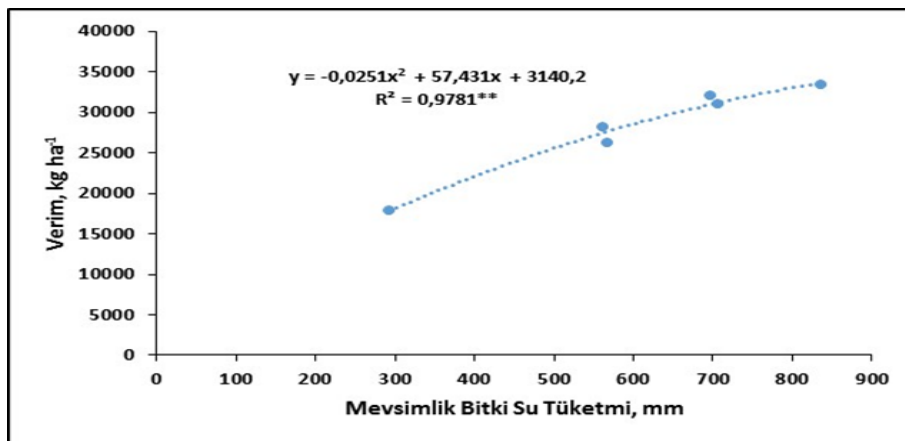
bildirmişlerdir (Doorenbos ve Kassam, 1979; Christensen, 1975; Grimes ve Williams, 1990). Gündüz (2007) Tekirdağ koşullarında Razakı üzüm çeşidinde bitki su tüketimi değerlerinin ortalama olarak 527.2 mm ile 288.7 arasında; Semillon üzüm çeşidinde ise 509.8 ile 264.6 mm arasında değiştiğini belirtmiştir. Topuz ve Dağdelen (2017), Manisa Alaşehir’de Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde en yüksek verimin alındığı T₁₀₀ konusunda 600.3 mm mevsimlik su tüketimi hesaplamışlardır.

Hasatta parsellerdeki tüm omcaların verimleri tartılarak belirlenmiş ve konulara göre elde edilen ortalama omca verimleri belirlenmiştir. Verim değerleri sulama konularına göre araştırma yılında 17.9-33.4 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. Verime ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 2’de verilmiştir. Farklı su düzeylerinin omca başına üzüm verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak %99 güvenle önemli bulunmuştur. Araştırma yılında en yüksek verim TS konusundan alınmıştır. Genel olarak sulamanın verimi olumlu şekilde etkilediği belirlenmiştir. Topuz ve Dağdelen (2017) Manisa Alaşehirde Sultani Çekirdeksiz sofralık üzüm çeşidinde farklı sulama aralığı ve farklı su seviyelerinin verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada en yüksek yaş üzüm verimi 6 gün sulama aralığında ve %100 sulama suyu uygulanan T₁₀₀ konusundan (2002.7 kg da⁻¹) elde etmişlerdir. Duraktekin ve ark. (2017) Tarsus koşullarında yüzeyaltı damla sulama ile farklı düzeylerde sulanan Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde en yüksek verimi 30.9 t ha⁻¹ ile tam sulama konusundan en düşük verimi 11.7 t ha⁻¹ ile yağışa dayalı sulama konusundan alındığını belirtmiştir. Tangolar ve ark. (2018) Pozanti koşullarında yetiştirilen Semillon ve Carignane üzüm çeşitlerinde kısıntılı sulamanın verim, kalite ve taç gelişimi üzerine etkilerinin belirledikleri çalışmalarında Semillon çeşidinde KS₅₀ konusunda ortalama 5489 g omca⁻¹, Carignane çeşidinde ise ilk yıl en yüksek verim

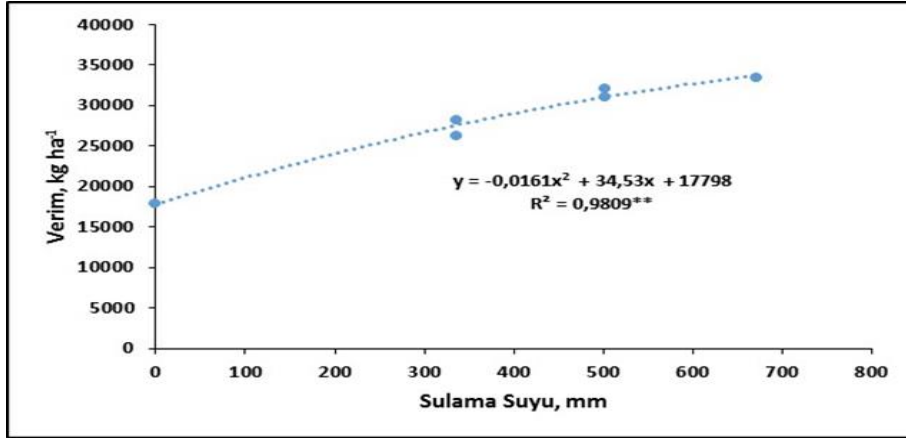
KS₅₀ konusunda 9980 g omca⁻¹, ikinci yıl ise TS₁₀₀ konusunda 5404 g omca⁻¹ elde etmişlerdir. Yazar ve ark. (2010), Çukurova koşullarında Italia, Flame Seedless, Alphonse Laval ve Ergin Çekirdeksiz sofralık üzüm çeşitlerinde yaptıkları çalışmada su stresiyle verimin azaldığını belirtmişlerdir. Pudney ve McCarthy (2004) ise uygulanan suyun artması ile verimin de arttığını ve tam sulama ile yağışa adayı sulama uygulama arasında %20 verim farkı olduğunu bildirmişlerdir. Balo ve ark. (2005) sulama sularının artmasına bağlı olarak verimin, %12–55 oranında arttığını belirtmişlerdir.

Araştırma yılında konulara göre su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu arttıkça WUE ve IWUE değerleri azalmıştır. En yüksek WUE değeri 6.11 kg m⁻³ ile yağışa dayalı sulama konusunda belirlenirken en düşük WUE değeri 3.99 kg m⁻³ ile TS konusunda belirlenmiştir. IWUE değerleri ise en yüksek 3.06 kg m⁻³ ile PRD₅₀ konusunda belirlenirken en düşük 2.30 kg m⁻³ ile TS konusundan belirlenmiştir. Su tasarrufu açısından PRD₅₀ konusunun birim suyu daha etkin kullandığı söylenebilir. Duraktekin ve ark. (2017) Tarsus koşullarında Yalova İncisi üzüm çeşidinde en yüksek WUE değerinin PRD₇₅ konusundan 6.8 kg m⁻³ olduğunu belirtmiştir. Topuz ve Dağdelen (2017) yaptıkları çalışmada WUE değerleri 2.99-3.99 kg m⁻³ arasında değişmiştir. Şener ve İlhan (1992) IWUE 11.2 kg m⁻³; diğer taraftan Manisa koşullarında Ünal (2008) IWUE ve WUE değerlerini sırasıyla 10.65–22.77 kg m⁻³ ile 8.65–15.03 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

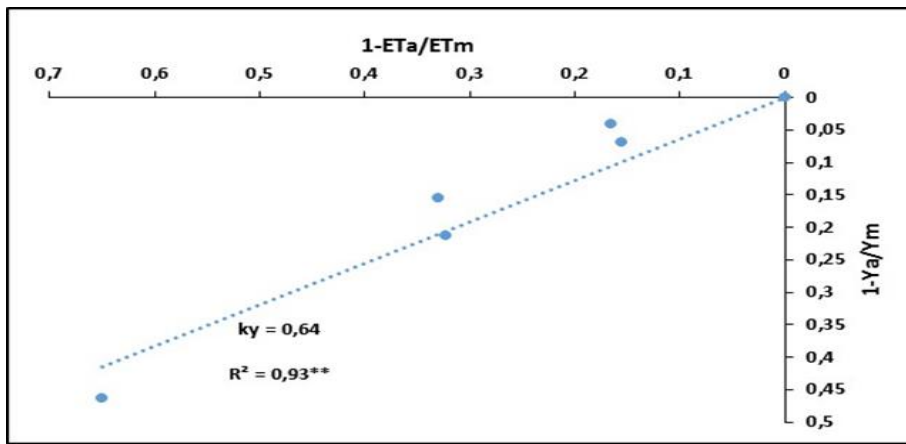
Deneme yılında sulama konularında belirlenen bitki su tüketimi (ET) ile verim (Y) arasındaki ilişkiler Şekil 2’de verilmiştir. Anılan şekilde de görüldüğü gibi bitki su tüketimi ile verim arasında $Y = -0.025ET^2 + 57.43ET + 3140$ ($r^2 = 0.978^{**}$) ikinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir.



Şekil 2. Mevsimlik bitki su tüketimi ile verim arasındaki ilişki



Şekil 3. Sulama suyu ile verim arasındaki ilişki



Şekil 4. Verim tepki etmeni (ky)

Bozkurt Çolak (2010), yaptığı araştırmada Italia çeşidinde her iki yılda ikinciden ilişkiler saptanırken; Flame Seedless çeşidinde ilk yıl doğrusal, son yıl ise ikinciden ilişkiler elde edilmiştir. Bu farklılıkların deneme yıllarında ortam ve toprak-su koşullarının farklılığından, çeşitlerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Topuz ve Dağdalen (2017) bitki su tüketimi ve verim arasında her iki sulama aralığı (3 gün ve 6 gün) için istatistiksel olarak ikinciden önemli ilişkiler belirlemişlerdir. Ünal (2008), Açar ve ark. (2010) ve Yazar ve ark. (2010) su-verim arasında elde edilen bulgular ile bu çalışmadan elde edilen bulgular benzerlik göstermektedir.

Deneme yılında sulama konularında belirlenen sulama suyu ile verim (Y) arasındaki ilişkiler Şekil 3' de verilmiştir. Anılan şekilde de görüldüğü gibi sulama suyu ile verim arasında $Y = -0.0161x^2 + 34.53x + 17798$ ($r^2 = 0.98^{**}$) ikinciden önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Bitkisel verim ile su tüketimi (evapotranspirasyon) veya sulama suyu arasındaki ilişkiler, bitki üretim fonksiyonları olarak adlandırılır. Son yıllarda bu ilişkileri belirlemek için

birçok model geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde Stewart eşitliği en yaygın kullanılan modellerden birisidir. Bu model oransal su tüketimi eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Araştırmada Stewart eşitliğine dayanarak verim tepki etmeni (ky) hesaplanmış ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Araştırma yılında ky değeri 0.64 olarak belirlenmiştir. Topuz ve Dağdalen (2017) bitki su tüketimi ve verim arasındaki ilişkileri araştırmak amacıyla ayrıca oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalışındaki değişimi incelemişler. Bu amaçla yaptıkları çalışmada 3 günlük sulama aralığı için verim azalma oranını (ky) 0.69; 6 günlük sulama aralığı için verim azalma oranını (ky) 0.58 olarak belirlemişlerdir.

Çukurova Bölgesinde yetiştirilen Royal sofralık üzüm çeşidinde damla sulama yöntemiyle uygulanan farklı kısıntılı sulama rejimlerinin su verim ilişkilerine etkilerini saptamak amacıyla elde edilen sonuçlar ışığında şu öneriler yapılabilir.

Araştırma yılında en yüksek verim tam sulama (TS) konusundan alınmıştır. Bu konuda sulamalarda kök

bölgesindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirilmesi gerekmektedir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça verim de artış göstermiştir. TS konusunu PRD₇₅ ve KS₇₅ konusu izlemiştir. Kısıntılı PRD₇₅ konusu TS konusuna göre sudan %25 tasarruf sağlarken verimde %4.03 oranında bir azalma görülmüştür. Kısıntılı sulama ile PRD uygulamaları kıyaslandığında PRD konularında elde edilen verimlerin geleneksel kısıntılı sulamalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Genel olarak uygulanan sulama suyu arttıkça WUE ve IWUE değerleri azalmıştır. En yüksek IWUE değeri PRD₅₀ konusundan alınmıştır. Bitki su tüketimi değerleri ile üzüm verimleri arasında ikinci dereceden istatistiksel yönden önemli (polinomiyal) ($P < 0.01$) bir ilişki belirlenmiştir. Verim tepki etmeni k_y 0.64 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, bağın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğu, yüksek yaş üzüm verimi ve kaliteli meyve elde etmek için yetiştirme mevsimi boyunca sulama suyu ihtiyacının tam karşılanması gerekmektedir. Ancak su kısıntısı söz konusu olduğunda PRD uygulamasının da bağ sulamasında uygun bir sulama stratejisi olabileceği sonucuna varılmıştır.

ÖZET

Amaç: Bu araştırma Çukurova koşullarında damla sulama yöntemiyle uygulanan farklı kısıntılı sulama rejimlerinin Royal sofralık üzüm çeşidinde su-verim ilişkilerine etkilerini saptamak amacıyla 2012 yılında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bağcılık Araştırma alanında yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Bu çalışmada, altı farklı sulama konusu (TS: bir haftalık sulama aralığında 80 cm'lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirildiği tam sulama konusu; KS₇₅: TS konusuna uygulanan suyun %75'inin verildiği kısıntılı sulama konusu; KS₅₀: TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği kısıntılı sulama konusu; PRD₅₀: TS konusuna verilen suyun %50'sinin alternatif olarak bir lateralden uygulandığı yarı ıslatmalı sulama konusu; PRD₇₅: TS konusuna verilen suyun %75'inin alternatif olarak bir lateralden uygulandığı yarı ıslatmalı sulama konusu; RF: Yağışa dayalı sulama konusu) ele alınmıştır. Sulama aralığı 7 gün olarak alınmıştır. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Sulama düzeylerinin omca verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken en yüksek verim TS konusunda 33.4 t ha⁻¹, en düşük verim sulanmayan tanık konuda 17.9 t ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi (ET) TS konusunda 837 mm, en düşük mevsimlik su tüketimi RF konusunda 293 mm olarak hesaplanmıştır. Omca verimi (Y) ile sulama suyu (I) arasında $Y = -$

$0.016I^2 + 34.53I + 17798$ ($r^2 = 0.980^{**}$) ve omca verimi ile ET arasında $Y = -0.025ET^2 + 57.43ET + 3140$ ($r^2 = 0.978^{**}$) ikinci dereceden önemli ilişkiler belirlenmiştir. En yüksek su kullanım randımanı (WUE) RF konusunda 6.11 kg m⁻³, en düşük WUE ise TS konusunda 3.99 kg m⁻³ hesaplanmıştır. belirlenmiştir.

Genel Yorum: Royal sofralık üzüm çeşidinde PRD uygulamalarının tam sulamaya göre su tasarrufu sağladığı bağ sulamasında uygun bir sulama stratejisi olabileceği tespit edilmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Akdeniz Bölgesinde bağ yetiştiriciliğinde "sulama yapmadan" uygulanan yetiştirme alışkanlıklarından üreticilerin vazgeçmeleri sürdürülebilir tarım açısından son derece önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Asma, damla sulama, su kullanma randımanı, su verim ilişkisi.

TEŞEKKÜR

Yazarlar adına TAGEM-BB090201C2 nolu proje için sağladığı finansal destek için Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne (TAGEM) teşekkür ederim.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz N, Aktaş ME, Mokhaddam AF, Özcan K (1994) Tarist An Agrostatistical package programme for personel computer. E.Ü.Z.F. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan, İzmir, Türkiye.
- Ağar S (2010) Çukurova koşullarında kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı damla sulama programlarının kingly ruby sofralık üzüm çeşidinin verimi, kalite ve su kullanım randımanına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü., Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 85 s.
- Balo B, Misik S, Szilagy Z (2005) Frost hardiness of irrigated and fertigated chardonnay grapevines. Proceedings of the Seventh International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology, Acta Hort. 689: 167-175.
- Bozkurt Çolak Y (2010) Akdeniz Bölgesinde Flame Seedless ve Italia sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeline göre sulama programlarının oluşturulması. Doktora Tezi, Ç.Ü., Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, 165 s.

- Bozkurt Çolak Y, Yazar A (2017) Evaluation of crop water stress index on royal table grape variety under partial root drying and conventional deficit irrigation regimes in the Mediterranean region. *Scientia Horticulturae*. 224: 384-394.
- Chaves MM, Santos T, Souza CR, Ortuño MF, Rodrigues ML, Lopes C, Maroco J, Pereira JS (2007) Deficit Irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann. Appl. Biol.* 150: 237–252.
- Christensen P (1975) Vineyard irrigation timing and scheduling. *Agricultural extension bulletin. The Univ. of California, USA*, 4 p.
- Coşkun Z, Gülcü M, Candar S (2018) Michele Palieri üzüm çeşidinde kısmi kök kuruluğu (KKBKS) ve kısıtlı sulama stratejilerinin (KS) tane rengi üzerine etkisinin belirlenmesi. *Bahçe 47 (Özel sayı 1: Türkiye 9. Bağcılık ve Teknojileri Sempozyumu)*: 63-650.
- Davies W, Zhang J (1991) Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 55-76.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) Yield response to water. *FAO irrigation and drainage paper no: 33, Rome*.
- Dry PR, Loveys BR, McCarthy MG, Stoll M (2001) Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vinge Vin.* 35: 129-139.
- Duraktekin G, Bozkurt Çolak Y, Kuşvuran K, Akça H, Altındişli Atağ G, Çeliktöpus E (2017) Farklı sulama seviyelerinin yüzeyaltıdamla sulama ile sulanan Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde verim ve su kullanım randımanına etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Derg.* 34: 67-72.
- Fereres E, Soriano MA (2007) Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J Exp Bot.* 58: 147-159.
- Grimes DW, Williams LE (1990) Irrigation Effects on Plant Water Relations and Productivity of Thompson Seedless Grapevines. *Crop Sci.* 30:255-260.
- Gündüz A (2007) Tekirdağ koşullarında sulamanın Razaki ve Semillon üzüm çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkisi. *Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD*, 119 s.
- Howell TA, Musick JT, Tolk JA (1986) Canopy temperature of irrigated winter wheat. *Transactions of the ASAE, Vol. 29(6)*: 1692-1699.
- Kang SZ, Zhang J (2004) Controlled alternate partial root-zone irrigation: Its Physiological Consequences and Impact on Water Use Efficiency. *J. Exp. Bot.* 55(407): 2437-2446.
- Özbek H, Dinç U, Kapur S (1974) Çukurova Üniversitesi yerleşim sahası topraklarının detaylı etüt ve haritası. *Ç.Ü. Zir. Fak. Yay.* 23 (8):149.
- Pudney S, McCarthy MG (2004) Water use efficiency of field grown chardonnay grapevines subjected to partial rootzone drying and deficit irrigation. *Acta Hort.* 664: 567-573.
- Romero P, Fernandez-Fernandez JI, Martinez-Cutillas A (2010) Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in wine grapes grown under semiarid conditions. *Am. J. Enol. Vitic.* 61: 300-312.
- Şener S, İlhan İ (1992) Aşağı gediz havzasında yuvarlak çekirdeksiz üzümün su tüketimi ile sulamanın verim ve kaliteye etkileri. *Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 182, rapor serisi no: 121, Menemen*.
- Sofo A, Nuzzo V, Tataranni G, Manfra M, De Nisco M, Scopa A (2012) Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*Vitis vinifera* L.). *J. Plant Physiol.* 169: 1023–1031.
- Stoll M, Loveys B, Dry P (2000) Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.* 51: 1627- 1634.
- Tangolar S, Tangolar S, Tarım G, Ada M (2018) Pozantı koşullarında yetiştirilen Semillon ve Carignane üzüm çeşitlerinde kısıtlı sulamanın verim, kalite ve taç gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *YYÜ Tar Bil Derg.* 28(1): 92-102.
- Tangolar S, Tangolar S, Topçu S (2015) Effects of different bud loads and irrigations applied at different leaf water potential levels on Kalecik Karası grape variety. *Turk J Agric For.* 39: 887-897.
- Tardieu F, Zhang J, Davies W (1992) What Information is conveyed by an ABA signal from maize roots in drying soils? *Plant Cell. Enviro.* 15: 185-191.
- Terry DB, Kurtural K (2011) Achieving vine balance of Syrah with mechanical canopy management and regulated deficit irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* 62(4): 426-437.
- Topuz T, Dağdelen N (2017) Damla sulama ile sulanan bağda farklı sulama uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Adü Ziraat Derg.* 14(1): 23-28.
- Ünal A (2008) Damla sulama yöntemiyle sulanan bağda A sınıfı buharlaşma kabından yararlanarak uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesi ve sulama programının oluşturulması. *Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD*, 83 s.
- Yazar A, Tangolar S, Sezen SM, Bozkurt Çolak Y, Bilir H, Gençel B, Sabır A (2010) Yaprak su potansiyeli kullanılarak çukurova koşullarında yüksek kaliteli verim için optimum sulama zamanının belirlenmesi. *TÜBİTAK 1060747 Nolu Proje Sonuç Raporu*, 110s.

Zhang H, Wang X, You M, Liu C (1999) Water-yield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China Plain. *Irric. Sci.* 19: 37-45.

Zhang J, Davies W (1990) Changes in the concentration of ABA in xylem sap as a function of changing water status can account for changes in leaf conductance and growth. *Plant Cell. Enviro.* 13: 277- 285



Determination of nitrogen usage efficiency of eggplant plant different irrigated levels by surface and sub-surface drip irrigation in Çukurova conditions

Çukurova koşullarında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı su düzeylerinde sulanan patlıcan bitkisinin azot kullanım randımanının belirlenmesi

Engin GÖNEN¹, Çağatay TANRIVERDİ², Yeşim Bozkurt ÇOLAK¹, Attila YAZAR³, Mete ÖZFİDANER¹

¹Alata Horticultural Research Institute, Soil and Water Resources Research Unit, Mersin, Turkey.

²Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kahramanmaraş, Turkey.

³Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Eggplant, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation, deficit irrigation, fertilizer use efficiency.

Corresponding author: Engin GÖNEN

✉: engingonen@hotmail.com

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The aim of this study was to determine the efficiency of water and fertilizer usage in eggplant plants irrigated at different levels by surface and subsurface drip irrigation system under Çukurova conditions.

Methods and Results: In the study, two irrigation intervals (SA3: 3-day and SA6: 6-day) and four irrigation levels (TS: Full irrigation, KS50: deficit irrigation, KS75: deficit irrigation, and PRD50: Partial Root-Zone Drying) were tested. From the data obtained from the two-year trial (2014-2015), the highest nitrogen usage efficiency (28.3%) was obtained from the full surface drip irrigation of the surface drip irrigation system within 3 days, while the lowest nitrogen usage efficiency (9.7%) was obtained from the PRD50 in the 6-day irrigation interval of the subsurface drip irrigation system.

Conclusions: Higher nitrogen use efficiency values were determined for eggplants irrigated by surface drip irrigation system compared to those irrigated by subsurface drip irrigation system. While the maximum nitrogen utilization efficiency values were obtained from the 3-day irrigation subjects where frequent irrigation was performed in both irrigation methods, nitrogen utilization efficiency values increased as the amount of irrigation water applied in both irrigation methods increased.

Significance and Impact of the Study: It was determined that fertilization applications in open eggplant cultivation in Çukurova Region contributed to the importance of agriculture and the local farmers.

Atf / Citation: Gönen E, Tanrıverdi Ç, Bozkurt Çolak Y, Yazar A, Özfıdaner M (2019) Determination of nitrogen usage efficiency of eggplant plant different irrigated levels by surface and sub-surface drip irrigation in Çukurova conditions. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :172-178

GİRİŞ

Bitkinin gereksinimi karşılamak için gübre yönetimi bitki yetiştiriciliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Gübrelemenin yanlış yönetilmesi toprakların ve yeraltı suyunun kirlenmesine yol açar ve toprakların tuzlanmasını azaltmak uzun yıllar alan, zor ve maliyetli çalışmalar gerektirmektedir (Oliveira ve ark., 2014).

Gübrelemede en çok kullanılan besinlerden biri olan azot (N) toprakta yüksek hareket kabiliyetine sahiptir. Azot verimindeki artışla ilgili temel besinler arasında ve bitki veriminde ve büyümesinde temel bir rol oynadığı için oldukça önemli bir besin elementidir (Aminifard ve ark., 2010). Azot yapısal fonksiyonlardan sorumludur ve proteinler, prolin ve amino asitler gibi bitki için hayati

önem taşıyan çeşitli organik bileşiklere katılmaktadır (Amiri ve ark., 2012).

Damla sulama sistemi ile yapılan sebze üretiminde nemli bölgede bitki köklerinin yoğunlaşması, köklerin yeterince yayılım sağlayamadığından ihtiyaç duyulan bitki besin elementlerini kritik dönemlerde sık aralıklarla sulama ve gübreleme yaparak sağlanması gerekmektedir (Mikkelsen, 1989; Kohzushka ve Romanets, 1994; Qasim ve ark., 2008; Feleafel ve Mirdad; 2013).

Yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama sistemi, gübrenin sulama suyu ile birlikte uygulanmasına (fertigasyon) olanak sağlaması gibi avantajları olan modern sulama teknikleri arasında yer almaktadır (Benli, 2002). Damla sulama yöntemleriyle kök bölgesine besin elementlerinin tam ve eşit verilmesi sağlanmakta, enerji ve iş gücü kazanımı artmakta, bitkilerin üst kısımları ısıtılmadığı için hastalıklarla mücadele kolaylaşmakta ve fertigasyonla uygulanan gübrelerin bitkinin ihtiyacı duyduğu zaman ve miktarda verilmesi ile gübre kullanım randımanı diğer sulama yöntemlerine göre % 20-50 arasında artmaktadır (Kumari ve Kaushal, 2014). Ayrıca fertigasyon ile su ve gübre daha verimli kullanıldığından, derine sızma olmaması nedeniyle minimum N kaybı yaşanmakta ve uygulama maliyetinde tasarruf sağlanabilmektedir (Solaimalai ve ark., 2005). Kaushal ve ark. (2012), damla sulama sisteminin su kullanım

verimliliğini % 60-200 artırdığını, (% 20-60 arasında su tasarrufu yaptığını), gübreleme ihtiyacını % 20-33 arasında azalttığını ve verimi % 7-25 arasında arttırdığını bildirmişlerdir. Fertigasyon sıklığının patlıcan verimi, bitki gelişimi ve meyve kalitesi üzerine etkilerinin olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Shashidhara, 2006; Abou El-Yazied, 2007; Akanbi ve ark., 2010; Felafel ve Mirdad; 2013).

Ülkemizde, başlangıçta Akdeniz ve Ege Bölgesinde örtüaltı yetiştiricilikte kullanılmaya başlanan fertigasyon, günümüzde diğer bölgelerde de başta bağ-bahçe ve süs bitkileri olmak üzere tarla tarımında da yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu çalışmada Çukurova koşullarında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı düzeylerde sulanan patlıcan bitkisinin azot kullanım randımanının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma 2013-2014 yıllarında Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nün Tarsus Lokasyonu'nda yürütülmüştür. Araştırma alanına ait toprakların bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırma alanı topraklarının profil boyunca 0-20 cm³ siltili kil bünyeye sahip olup diğer katmanların ise siltli kil bünye sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı özellikleri

Katman (cm)	Derinliği	Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (g g ⁻¹)	Solma Noktası (g g ⁻¹)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	pH	EC dS m ⁻¹
0-20		C	29.92	19.14	1.30	7.91	0.914
20-40		SiC	29.77	18.95	1.40	7.97	0.976
40-60		SiC	29.64	19.09	1.42	8.08	1.028
60-90		SiC	29.40	19.71	1.45	8.11	0.995

Araştırmada bitkisel materyal olarak bölgede yoğun miktarda yetiştiriciliği yapılan, açık tarla yetiştiriciliğine uygun, bitki yapısı güçlü, yüksek verimli, silindirik ve kaliksi dikensiz Anamur Karası (Anamur RZ F1) patlıcan (*Solanum Melongena* L.) çeşidi kullanılmıştır.

Araştırmada iki farklı sulama yöntemi (YÜ: Yüzeyüstü damla sulama ve YA: Yüzeyaltı damla sulama), iki farklı sulama aralığı (SA3: 3 günde bir 60 cm'deki eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanması ve SA6: 6 günde bir 60 cm'deki eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanması) ve dört farklı sulama düzeyi (TS: Her iki sulama aralığında 60 cm'lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirildiği tam sulama konusu; KS₅₀: TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği kısıntılı sulama konusu; KS₇₅: TS konusuna uygulanan suyun

%75'inin verildiği kısıntılı sulama konusu ve PRD₅₀: Her bir sulamada TS konusuna verilen suyun yarısının dönüşümlü olarak bir lateralden uygulandığı konu yarı ıslatmalı konu) ele alınmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre dört yinelemeli olarak yürütülmüştür. Parsel boyu 10 m, eni 5.4 m olarak yerleştirilmiştir. Her bir parsel 6 bitki sırası içermiştir.

Araştırma yılları içerisinde gerçekleştirilen agronomik uygulamalar Çizelge 2'de özetlenmiştir. Patlıcan fideleri deneme parsellerine dikilmeden hemen önce tüm parsellere 0.05 t ha⁻¹ N; 5 kg P₂O₅; ve 5 kg K 15-15-15 kompoze gübresi bitki sıralarında banda verilmiş ve toprağa karıştırılmıştır. Dikimden üç hafta sonra başlamak üzere geriye kalan N miktarı parsellere her 6

günlük sulamalarda bir fertigasyonla uygulanmış ve verilen N miktarı uygulama süresinde 0.16 t ha⁻¹ uygulanmıştır.

Patlıcan çeşidi olarak bölgede yaygın olarak tercih edilen Anamur karası tercih edilmiştir. Bitkiler sıra arası 90 sıra üzeri ise 70 cm aralıklarla dikim yapılmıştır. Dikim tarihleri 2013 ve 2014 yıllarında sırasıyla 6 Mayıs ve 14 Nisan tarihlerinde yapılmıştır. Son hasat tarihleri ise sırasıyla 5 Ağustos ve 25 Temmuz tarihlerinde yapılmıştır.

Araştırmada yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılmıştır. Yüzeyüstü damla sulama sisteminde lateraller 16 mm çapında olup üzerinde 20 cm aralıklarla içten geçik (in-line) damlatıcıları içermiştir. Damlatıcı debisi 100 kPa işletme basıncında 1.6 L h⁻¹'dir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller toprak yüzeyinin 25 cm altına yerleştirilmiştir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde antisifon özelliğe sahip 20 mm çapında lateraller, damlatıcı aralığı 30 cm ve debisi 2.3 L h⁻¹ olan içten damlatıcılar kullanılmıştır. Lateraller; her bitki sırasına bir lateral, yarı ıslatmalı (PRD) konusunda ise her bitki sırasının sağına ve soluna gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Parselin büyüklüğüne göre M veya N harfi çizilecek şekilde yaprak örnekleri alınmış. Patlıcanların birinci döldeki meyveler kendini göstermeye başladığı zaman büyüme tepesine en yakın normal iriliğini almış gelişmesini tamamlamış genç yapraklar alınmıştır. Bir bitkiden 1-2 yaprak olmak üzere toplam 122 yaprak alınmıştır. Alınan yaprak örnekleri 50.1'lik teopollü su ile temizlenip, 3-4 defa saf sudan geçirildikten sonra kurutma ve öğütme işlemleri uygulanarak Modifiye Kjeldahl yöntemine göre N değerleri belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Yapraktaki azot kullanım randımanını belirlemek için hasat döneminde alınan yapraklar musluk suyu + saf su ile yıkanıp 70°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları bulunmuş ve daha sonra kurutulan yapraklar öğütülerek N içerikleri belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

N alımı; bitki kuru ağırlığı ile bitki N içeriği çarpımı ile hesaplanmıştır. Sulama konularında azottan yararlanma oranı; uygulanan N dozunun topraktan kaldırılan N dozuna bölünmesiyle aşağıda verilen Eş. 1, Eş. 2 ve Eş. 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Erdal ve ark., 2006).

$$\text{NTA} = \text{KA} \times \text{NK} \quad (\text{Eş. 1})$$

$$\text{NGA} = \text{NPA} - \text{NKPA} \quad (\text{Eş. 2})$$

$$\text{GYO} = \text{NGA} \times 100 / \text{NGU} \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitliklerde; "NTA" topraktan alınan (kaldırılan) N miktarı (kg da⁻¹), "KA" kuru ağırlık (kg da⁻¹), "NK" N konsantrasyonu (%), "NGA" gübreden N alımı (kg da⁻¹); "NPA" parselden (gübreli) alınan N (kg da⁻¹), "NKPA" kontrol parselden alınan N (kg da⁻¹), "GYO" gübreden yararlanma oranı (%), "NGA" gübreden alınan N (kg da⁻¹) "NGU" gübre ile uygulanan N (kg da⁻¹) miktarlarını temsil etmektedir.

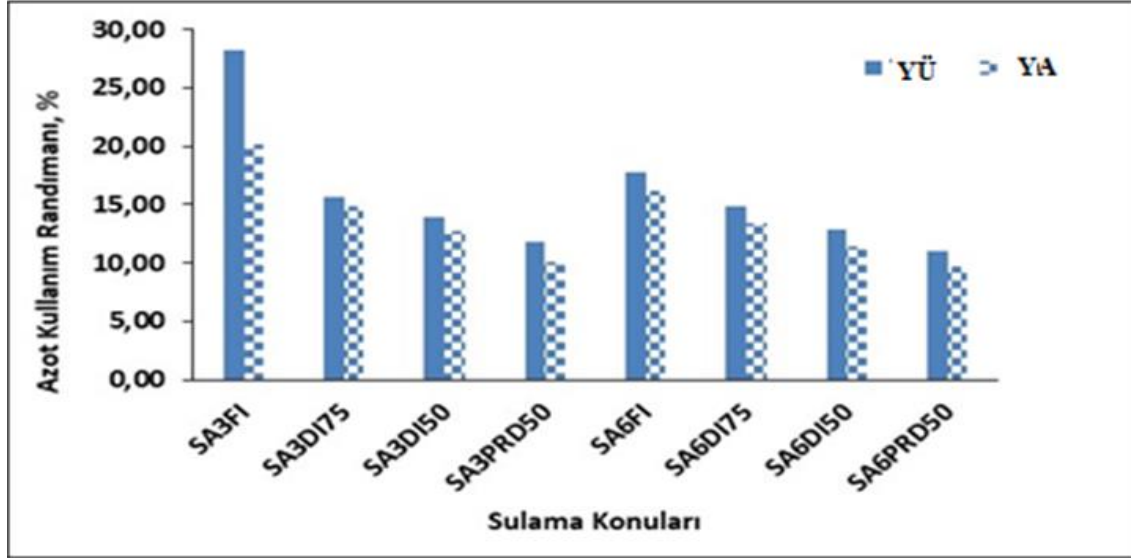
Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP 5.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

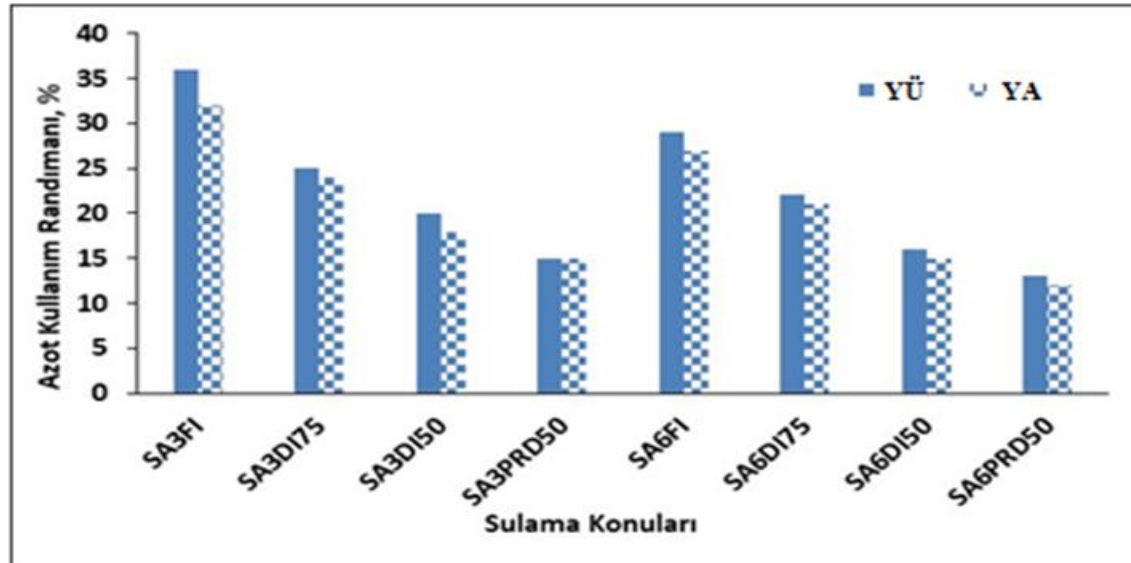
Patlıcan yetiştiriciliğinde su yönetimi, bitki gelişiminin tüm aşamalarında son derece önemlidir. Araştırmamızın ilk yılında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinde sulama aralığının 3 gün olduğu konulara 2'si eşit 22'si konulu sulama olmak üzere toplam 24 adet sulama uygulaması yapılırken sulama aralığının 6 gün olduğu konulara da 2'si eşit 11'i konulu sulama olmak üzere toplam 13 adet sulama uygulaması yapılmıştır. Yüzeyüstü damla sulama sisteminde 3 gün (YÜSA₃) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 268-495 mm, yüzeyüstü damla sulama sisteminde 6 gün (YÜSA₆) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 243-446 mm, yüzeyaltı damla sulama sisteminde 3 gün (YASA₃) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 245-450 mm ve yüzeyaltı damla sulama sisteminde 6 gün (YASA₆) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 228-414 mm arasında değişmiştir. Araştırmamızın ikinci yılında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinde sulama aralığının 3 gün olduğu konulara 4 eşit ve 16 konulu sulama olmak üzere toplam 20 sulama uygulaması yapılmıştır. Sulama aralığının 6 gün olduğu konulara ise 4 eşit ve 8 konulu sulama olmak üzere toplam 12 sulama uygulaması yapılmıştır. Yüzeyüstü damla sulama sisteminde 3 gün (YÜSA₃) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 253-444 mm, yüzeyüstü damla 6 gün (YÜSA₆) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 229-396 mm, yüzeyaltı damla sulama sisteminde 3 gün (YASA₃) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 240-418 mm ve yüzeyaltı damla sulama sisteminde 6 gün (YASA₆) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları ise 216-369 mm arasında değişmiştir. Sulama aralığının 6 gün olduğu konulara uygulanan sulama suyu miktarı 3-gün sulama aralığında sulanan konulara göre bir miktar daha az olmuştur. Araştırma yıllarına ilişkin yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinden elde edilen azot kullanım

randımanı değerlerine ilişkin grafik Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde araştırmanın her iki deneme yılında da, yüzeyüstü damla sulama sistemiyle sulanan patlıcanlar için yüzeyaltı damla sulama sistemiyle sulananlara göre daha yüksek azot kullanım randımanı değerleri belirlenmiştir. Her iki

sulama yönteminde sık sulamaların yapıldığı 3 gün sulama konularından maksimum azot kullanım randımanı değerleri elde edilirken, her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça azot kullanım randımanı değerleri artmıştır.



Şekil 1. Yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama konularına ilişkin patlıcan bitkisinin azot kullanım randımanı (2013)



Şekil 2. Yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama konularına ilişkin azot kullanım randımanı (2014)

Araştırmanın ilk yılında azot kullanım randımanına ilişkin değerlerin varyans analizine göre sulama yöntemi*sulama aralığı*sulama düzeyleri interaksiyonu istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiş ve LSD gruplandırması Çizelge 2’de verilmiştir. Patlıcan bitkisinin ortalama azot kullanım randımanı değerleri YÜSA₃ konusunda %11.7-28.3, YÜSA₆ konusunda %11-17.8, YASA₃ konusunda %10.1-

20.1, YASA₆ konusunda %9.7-16.1 arasında değişmiştir. En yüksek azot kullanım randımanı (%28.3) yüzeyüstü damla sulama sisteminin 3 gün sulama aralığındaki tam sulama konusundan elde edilirken (YÜSA₃TS), en düşük azot kullanım randımanı (%9.7) yüzeyaltı damla sulama sisteminin 6 günlük sulama aralığındaki yarı ıslatmalı (YASA₆PRD₅₀) konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 2. Yüzeüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemlerinin farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinin ortalama patlıcan azot kullanım etkinliği LSD gruplandırması.

Sulama yöntemi	Sulama aralığı	Sulama konuları	Azot kullanım randımanı (%)
Yüzeüstü damla sulama	3 Gün	TS	28.3 a
		KS ₇₅	15.7 de
		KS ₅₀	13.9 fg
	6 Gün	PRD ₅₀	11.7 ij
		TS	17.8 c
		KS ₇₅	14.8 ef
Yüzeyaltı damla sulama	3 Gün	KS ₅₀	12.9 gh
		PRD ₅₀	11.0 jk
		TS	20.1 b
	6 Gün	KS ₇₅	14.8 ef
		KS ₅₀	12.7 hı
		PRD ₅₀	10.1 kl
	6 Gün	TS	16.1 d
		KS ₇₅	13.5 gh
		KS ₅₀	11.4 j
		PRD ₅₀	9.7 l

CV(%)=5.4, LSD(0.05)= 1.1, P=0.0001**

Araştırmanın ikinci yılında azot kullanım randımanına ilişkin değerlerin varyans analizine göre sulama aralığı ve sulama düzeylerinde istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiş, LSD gruplandırması Çizelge 3'de verilmiştir. YÜSA₃ konusunda patlıcan ortalama azot kullanım randımanı değerleri %15-36, YÜSA₆ konusunda %13-29, YASA₃ konusunda %15-32, YASA₆ konusunda ise %12-27

arasında değişmiştir. En yüksek azot kullanım randımanı (%36) yüzeüstü damla sulama sisteminin 3 gün sulama aralığındaki tam sulama konusundan (YÜSA₃TS) elde edilirken en düşük azot kullanım randımanı(%12) yüzeyaltı damla sulama sisteminin 6 günlük sulama aralığındaki yarı ıslatmalı (YASA₆PRD₅₀) konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 3. Sulama aralığı, sulama düzeylerinde azot kullanım randımanı LSD gruplandırması (2014)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyleri	Sulama Düzeyleri	Sulama Düzeyleri
3 gün	22.98 a	TS	31.0 a
		KS ₇₅	23.2 b
		KS ₅₀	17.1 c
6 gün	19.38 b	PRD ₅₀	13.4 d

CV(%)= 7.5 LSD(0.05)=0.71 P=0.0001**

LSD(0.05)=1.13 P=0.0001**

Azot alımı toprakta suyun varlığı ile ilgili olarak önemli ölçüde değişmektedir. Toprakta azot ve suyun birlikte bulunması ile optimum verim alınabilmektedir. Yeterli suyun bulunmadığı topraklara azot uygulanırsa ozmotik basınçla bitki öz suyu gübre tarafından kullanılmakta ve bitkiler ölmektedir. Aşırı sulama yapıldığı zaman ise uygulanmış olan azot bitki kök bölgesinden fazla su ile birlikte yıkanmaktadır (Martin ve ark., 1982). Sebze üretimi üzerine yapılan çalışmalarda dinamik fertigasyon uygulamalarının azot kullanım randımanında önemli artış sağladığı görülmüştür. Demirbaş ve ark. (2019), Çukurova Bölgesinde 2009-2010 yıllarında biber bitkisinde yaptıkları çalışma sonucunda elde edilen bulgular verim değerleri açısından; her 2 yılda da fertigasyon yöntemiyle yetiştirilen biber bitkisinin

veriminin geleneksel yonteme göre yetiştirilen biber bitkisinin verimine oranla oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Fertigasyon uygulamalarıyla sulama suyunda (%30-50) azalma, daha fazla ürün verimi, mevcut suyun maksimum kullanımı, daha az yabancı ot gelişimi ve yüksek gübre kullanım randımanı sağlanmaktadır (Çetin ve Akalp, 2019).

Araştırma sonuçlarına göre yüzeüstü damla sulama sistemiyle sulanan patlıcan bitkilerinin yüzeyaltı damla sulama sistemiyle sulanan patlıcan bitkilerine göre daha yüksek azot kullanım randımanı değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Her iki sulama sistemi için 3 gün sulama aralığı konularında maksimum azot kullanım randımanı değerleri elde edilirken, her iki sulama yönteminde de

uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça azot kullanım randımanı değerleri artmıştır.

Bu konular YÜSA₃ ve YASA₃ uygulanan sulama suyu miktarları yüzeyüstü damla sisteminde ortalama 470 mm, yüzeyaltı damla sulama sisteminde ise 434 mm olmuştur. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde yüzey damlaya göre %7.6 oranında daha az su uygulanmıştır. Yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama gibi modern sulama teknikleri gübrenin sulama suyu ile birlikte uygulanmasına (fertigasyon) olanak sağlaması ve bu yöntemlerle gübre kullanım randımanının artması Akdeniz Bölgesinde patlıcan yetiştiriciliğinde sürdürülebilir tarım açısından son derece önemlidir. Ayrıca su ve gübrelerin kullanım etkinliğinin artırılması, çevre ve doğal kaynakların korunması açısından önemli olduğu kadar, insan sağlığı için de önemlidir.

ÖZET

Amaç: Bu araştırma Çukurova koşullarında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı düzeylerde sulanan patlıcan bitkisinin azot kullanım randımanının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Çalışmada iki farklı sulama aralığı (SA3: 3 gün ve SA6: 6 gün); dört farklı sulama düzeyi (TS: tam sulama, KS₅₀: kısıntılı sulama; KS₇₅: kısıntılı sulama ve PRD₅₀: Kısmi kök kuruluğu) konuları test edilmiştir. İki yıl süren denemeden (2013-2014) elde edilen verilere göre en yüksek azot kullanım randımanı (%28.3) yüzeyüstü damla sulama sisteminin 3 gün sulama aralığındaki tam sulama konusundan elde edilirken, en düşük azot kullanım randımanı (%9.7) ise yüzeyaltı damla sulama sisteminin 6 günlük sulama aralığındaki PRD₅₀ konusundan elde edilmiştir.

Genel Yorum: Yüzeyüstü damla sulama sistemiyle sulanan patlıcan bitkilerinde yüzeyaltı damla sulama sistemiyle sulanan patlıcan bitkilerine göre daha yüksek azot kullanım randımanı değerleri belirlenmiştir. Her iki sulama yönteminde sık sulamaların yapıldığı 3 gün sulama aralığı konularından maksimum azot kullanım randımanı değerleri elde edilirken, her iki sulama yönteminde de uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça azot kullanım randımanı değerleri artmıştır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çukurova Bölgesinde açıkta patlıcan yetiştiriciliğinde fertigasyon uygulamalarının bölge çiftçisine ve tarıma önemi katkı sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlıcan, yüzeyüstü damla sulama, yüzeyaltı damla sulama, kısıntılı sulama, azot kullanım randımanı.

TEŞEKKÜR

Yazarlar adına TOVAG-1120870 proje numarasıyla sağladığı finansal destek için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Aminifard MH, Aroiee H, Fatemi H, Ameri A, Karimpour S (2010) Responses of eggplant (*Solanum Melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. *JCEA*, 11(4): 453-458.
- Amiri E, Gohari AA, Esmailian Y (2012) Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of eggplant. *African J. of Biotechnol.* 11(13), 3070-3079.
- Benli B (2002) Fertigasyon Yöntemi ile Dolmalık Biberin Su-Azot İlişkisinin Saptanması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Tarımsal Yapılar Ve Sulama ABD, 93 s.
- Çetin Ö, Akalp E (2019) Efficient Use of Water and Fertilizers in Irrigated Agriculture: Drip Irrigation and Fertigation. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 22(2), 97-102.
- Demirbaş A, Kaya Z, Akpınar Ç, Ortaş İ, (2019) The Effects of Applications of Fertigation and Mycorrhiza on Yield and Nutrient Uptake of Pepper Plant (*Capsicum annum* L.) under Field Conditions. *Turkish J. of Agriculture-Food Science and Technol.* 7(1), 152-161.
- Feleafel MN, Mirdad ZM (2013) Optimizing the nitrogen, phosphorus and potash fertigation rates and frequency for eggplant in arid regions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(4):737-742.
- Kaushal A, Patole R, Singh KG (2012) Drip irrigation in sugarcane: A review. *Agri. Rev.* 33: 211-219.
- Kohzushka LF, Romanets V (1994) Ecological and economical efficiency of mineral fertilizer application as a component of irrigation water. 17th ICID European Regional Conference on Irrigation and Drainage, May 16-22, pp: 209-213.
- Martin DL, Watts DG, Mielke LN, Frank KD, Eisenhauer DE (1982) Evaluation of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1056-1062.
- Mikkelsen RL (1989) Phosphorus fertilization through drip irrigation. *J. Prod. Agric.* 2: 279-286.

- Oliveira MD, Barbosa PR, Silva-Torres CS, Silva RR, Barros EM, Torres JB (2014) Reproductive performance of striped mealybug *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) on water-stressed cotton plants subjected to nitrogen fertilization. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(5): 461-468.
- Qasim M, Ahmad I, Ahmad T (2008) Optimizing fertigation frequency for *Rosa hybrida* L. *Pak. J. Bot.* 40: 533–545.
- Shashidhara KG (2006) Response of chilli to drip irrigation and fertigation on a vertisol of malaprabha command area. MSc Thesis, Dharwad University of Agricultural Sciences, Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, 94 p.
- Silber A, Xu G, Levkovitch L, Soriano S, Bilu A, Wallach R (2003) High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. *Plant and Soil*, 253: 467-477.
- Solaimalai A, Baskar M, Sadasakthi A, Subburamu K (2005) Fertigation in high value crops-a review. *Agric Rev.* 26: 1-13.



The effect of different irrigation programs on chlorophyll content in watermelon

Karpuzda farklı sulama programlarının klorofil içeriğine etkisi

Gülşen DURAKTEKİN¹, Yeşim BOZKURT ÇOLAK¹, Mete ÖZFİDANER¹, Alper BAYDAR¹, Engin GÖNEN¹
¹Alata Horticultural Research Institute, Soil and Water Resources Research Unit, Mersin, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Watermelon, irrigation intervals, irrigation level, chlorophyll content, partial rootzone drying.

Corresponding author: Gülşen DURAKTEKİN

✉: gulsenduraktekin@gmail.com.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This study was carried out to determine effect of different irrigation intervals and different irrigation levels on chlorophyll content (SPAD) of watermelon irrigated with a trickle system in 2017 growing seasons at the Alata Horticultural Research Institute, Tarsus Soil and Water Resources Location.

Methods and Results: The cultivar Crimson Tide F1 was used in this research. Experimental design is randomized blocks with three replications. In the studies, the main issues from the three different irrigation intervals (4, 8 and 12 days); six different irrigation levels (TS (full irrigation): soil water deficit in the 90 cm within the four day intervals was replenished to the field capacity; KS₇₅:75% of the water given to the TS subject, KS₅₀:50% of the water given to the TS subject, PRD₁₀₀: water applied to full irrigation, laterals operated alternately PRD₇₅:in which 75% of water applied to full irrigation, laterals operated alternately, PRD₅₀:in which 50% of water applied to full irrigation, laterals operated alternately) created the sub-plots. The total amount of irrigation water applied to the subjects varied between 150-300 mm and the evapotranspiration values ranged between 379-486 mm. The effect of irrigation levels on yield was found different statistically significant. Significant linear relationships between chlorophyll content (SPAD) and yield were determined.

Conclusions: As the applied irrigation water increased and irrigation interval decreased, chlorophyll values increased. Watermelon should be irrigated at chlorophyll content (SPAD) value between 54.00 for high yield.

Significance and Impact of the Study: With the data obtained at the end of the project, it can be said that chlorophyll value can be used in irrigation programming to determine water stress by determining the optimum irrigation interval and irrigation application for watermelon.

Atf / Citation: Duraktekin G, Bozkurt Çolak Y, Özfıdaner M, Baydar A, Gonen E (2019) The effect of different irrigation programs on chlorophyll content in watermelon. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :179-187

GİRİŞ

Türkiye 4.01 milyon ton karpuz üretim hacmi ile Çin'den sonra 2. sırada yer almaktadır (Anonim, 2015). Yıllık karpuz üretiminde, Çukurova; 832 bin ton ile Türkiye'de ilk sırada olup üretiminin yaklaşık %89'u Çukurova bölgesinde gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2017). Karpuz bitkisinde yetiştiricilik, birim alana getirinin yüksek

olması nedeni ile genellikle örtüaltında yapılmaktadır. (TÜİK, 2017).

Sebze tarımında önemli bir yere sahip olan karpuz bitkisi susuzluktan olumsuz etkilenmektedir. Karpuzun gelişme hızının yüksek, yetiştirme döneminin kısa olması ve meyvede % 90–92 oranında su bulunması nedeniyle yüksek verim düzeyine ulaşmak için, sulanması gerektiği bilinmektedir (Miller, 2002). Karpuz, gelişim dönemi boyunca fazla buharlaşma ve düşük yağış nedeniyle sık

sulanmaya gereksinim duymaktadır (Doorenbos ve Kassam, 1979). Bunun için, en uygun yöntemlerden birinin damla sulama olduğu savunulmaktadır (Srinavas ve ark., 1991; El-Beheidi ve ark., 1990).

Damla sulama sistemlerinde su uygulama randımanlarının %90-95 olması, bitkilerin su kullanım etkinliğini arttırması, sürdürülebilir tarım için temel koşullardan biri olarak ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Kısıntılı ve yarı ıslatmalı (PRD) sulama, gerekenden daha az su uygulayarak mevcut su kaynağı ile daha geniş alanların sulanmasına olanak sağlayan işletme biçimidir.

Sulama programlaması bitkiyi, toprağı ve iklim verilerini kapsamaktadır. Bu sebeple bitkilerde fizyolojik faaliyetler hem toprak hem de çevre koşullarının etkisi altındadır. Topraktaki nemin azalması ile bitkiler strese girmekte, bunun sonucunda bazı fizyolojik oluşumlar bozulmakta ve verimde düşüşler meydana gelmektedir. Bu nedenle sulama zamanının belirlenmesinde toprak suyu eksiliğinden çok bitki-su eksikliğinden yararlanılması önerilmektedir. Bu amaçla bitkiye dayalı yöntemler kullanılarak sulama zamanı belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan SPAD, kırmızı (yaklaşık 660 nm) ve yakın infrared (yaklaşık 940 nm) gibi iki dalga boyunda yaprağı iletilen ışığa, bu dalga boylarındaki absorbe edilen ışığın farkından klorofil miktarını ölçme yöntemine dayanan bir sistemdir.

Fotosentez olayında en aktif görev yapan pigment klorofildir. Bitki fizyolojisi açısından klorofil gerekli bir indikatördür. Yapraklarda klorofil miktarının fazla olması ile yapraklarda daha fazla ışık tutulmaktadır. Bu durum ise direk fotosentez miktarını etkilemektedir. Aynı zamanda yaprak klorofil miktarı ile yapraktaki besin durumu da dolaylı olarak tahmin edilebilmektedir (Penuelas ve ark., 1995).

Yaprak klorofil miktarı, bitkinin yaşından ve bitkide meydana gelen stres durumlarından direk olarak etkilenmektedir (Hendry ve ark., 1987). Yaprak klorofil içeriğini belirlemede kullanılan geleneksel yöntemler zaman alıcı ve zahmetli olduğu için klorofilmetre (SPAD) cihazı gibi yapraktaki nisbi klorofil içeriğini hızlı ve kolay bir biçimde ölçebilen cihazlar kullanılmaktadır (Li ve ark., 2014).

Fotovat ve ark. (2007), buğdayda su kullanım etkinliği ve klorofil miktarı (SPAD) arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve su kullanım etkinliği fazla olan bitkilerin klorofil içeriklerinin, normal koşullarda ve stres koşullarındaki diğer bitkilerden daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Bu çalışmayla damla sulama ile sulanan karpuz bitkisinde farklı sulama aralıkları ve farklı sulama düzeylerinin klorofil içeriğine (SPAD) etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma 2017 yılında, Aşağı Seyhan Sulama Alanının Tarsus Ovası kısmında ve Tarsus'un yaklaşık 10 km güneydoğusunda yer alan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (ABKAEM), Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu Merkez İşletmesinde yürütülmüştür. Deneme yeri, 36° 89' kuzey enlemi ile 35° 96' doğu boylamlarında ve denizden 12 m yükseklikte bulunmaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü dönemlerdeki iklim verileri enstitüde yer alan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Denemenin yürütüldüğü 2017 yılına ait yağış değerleri ve uzun yıllık ortalama yağış değerleri (1952-2017 yılları) Çizelge 1'de verilmiştir. Bitki büyüme mevsimi süresince (21 Mart- 21 Haziran) toplam yağış miktarı 122.6 mm dir.

Çizelge 1. ABKAEM Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Şubesi meteoroloji istasyonu uzun yıllık ve 2017 yılı iklim verileri

Yıl	İklim Parametreleri	Aylar			
		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2017	Max Sıcaklık, °C	18.5	24.1	22.7	27.7
	Min Sıcaklık, °C	10.9	13.6	17.5	21.0
	Ortalama Sıcaklık, °C	14.2	17.6	20.5	24.7
	Yağış, mm	140.8	103.8	14.8	2.2
	Buharlaşma, mm	75.5	128.3	153.8	173.0
	Oransal Nem, %	67.6	64.9	73.3	75.3
Uzun Yıllık (1952-2017)	Max Sıcaklık, °C	20.0	24.3	28.0	31.1
	Min Sıcaklık, °C	6.7	10.4	14.6	18.5
	Ortalama Sıcaklık, °C	12.7	16.8	20.9	24.5
	Yağış, mm	59.2	38.3	30.5	11.4
	Buharlaşma, mm	89.3	120.1	167.3	199.2
	Oransal Nem, %	69.8	71.2	71.0	71.8

Çizelge 2. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Bünye Sınıfı
0-30	29.54	18.99	1.35	36.0	42.1	21.9	CL
30-60	29.71	19.02	1.41	38.2	42.3	19.5	SICL
60-90	29.40	19.71	1.45	33.6	45.9	20.5	CL
90-120	30.06	18.03	1.38	29.3	45.8	25.0	CL

Çizelge 3. Deneme yeri topraklarının kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	Yarayışlı P ₂ O ₅ (kgda ⁻¹)	K ₂ O (kgda ⁻¹)	Organik Madde (%)
0-30	0.550	7.67	27.63	3.1	116.00	1.12
30-60	0.905	7.60	27.95	1.8	71.31	0.66
60-90	0.494	7.69	32.18	1.4	34.21	0.51
90-120	0.512	7.80	36.08	0.5	24.33	0.44

Araştırma alanına ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Toprak pH’sı hafif alkali, 0-30, 60-90, 90-120 cm derinlikte killi-tınlı, 30-60 cm derinlikde siltli killi tınlı bünyeye sahip, fazla kireçli, tuzsuz, potasyum içeriği yeterli, organik madde ve fosfor içeriği çok azdır. 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 130 mm’dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri 90 cm derinlik için 373 ve 243 mm olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Çukurova bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan Maximus anacına aşılı Crimson Tide F₁ karpuz çeşidi kullanılmıştır.

Deneme yılında uygulamalara başlamadan önce deneme alanı toprağı sonbaharda derin işlenmiştir. Fide dikiminden 1-2 ay önce merdaneli diskli tırmık ve kültüvator ile sürüm yapılmıştır. Toprak bir müddet havalandıktan sonra sırt yapma aleti ile seddeler oluşturulmuş, parsellasyon işlemi yapılmış, sulama sistemi döşenmiş, sırtlar siyah polietilen malç ile kaplanmış ve fide dikimine hazır hale getirilmiştir. Fideler 21.03.2017 tarihinde sıra arası 280 cm, sıra üzeri 100 cm olacak şekilde parsellere dikilmiştir. Her bir parselde 4 bitki sırası, her sırada ise 10 bitki yer almıştır. Herbir parselin boyu 10 m, genişliği 11.2 m, parsel alanı 112 m² dir. Fidelerin dikim işlemleri tamamlandıktan hemen sonra bitkiler alçak tünel altına alınarak can suları verilmiştir. Hava sıcaklığı 25 °C’ye ulaştığında örtüler tamamen kaldırılmıştır.

Denemeye uygulanan gübre miktarları saf madde olarak 14 kg da⁻¹ N, 7 kg da⁻¹ P₂O₅, 7 kg da⁻¹ K₂O’dur (Güçdemir, 2006). Dikimden hemen önce fosforlu ve potasyumlu gübrenin tamamı, azotlu gübrenin de yarısı 15-15-15

kompoze gübresi olarak verilmiştir. Azotlu gübrenin ikinci yarısı ise konulu sulamalar başladığı zaman her üç sulama aralığının aynı anda sulandığı tarihlerde fertigasyonla uygulanmıştır.

Sulama uygulamalarında damla sulama sistemi kullanılmıştır. Sistemde damlatıcı aralığı 40 cm ve damlatıcı debisi ise 4 l h⁻¹ olan basınç kontrollü damlatıcılar kullanılmıştır. Araştırmada TS ve KS konularında her bitki sırasına bir lateral, PRD konularında ise her bitki sırasına çift lateral (her bitki sırasının sağına ve soluna gelecek şekilde bir lateral 80 cm aralıklarla, bitki sırasının her iki yanında 40 cm olacak şekilde) yerleştirilmiştir.

Karpuz hasadı, kulakçık ve sülüğün tamamıyla kuruduğu, kabuk renginin olgunluk parlaklığına ulaştığı ve meyve sapının incelendiği dönemlerde yapılmıştır (Gündüz ve Kara, 1996; Hurst, 2000). Hasat işlemi 21.06.2017 tarihinde her bir parselde yer alan 4 bitki sırasından kenarlardan ikişer sıra ve başlardan 1.0 m değerlendirme dışı bırakılarak (2.8 m x 8 m) x 2= 44.8 m² alandaki bitkilerde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak toplamda 54 parselde yürütülmüştür. Araştırmada, 3 farklı sulama aralığı ana parselleri, 6 farklı sulama düzeyi ise alt parselleri oluşturmuştur.

Ana Konular (sulama aralıkları); “SA₄” 4 gün sulama aralığı ve 90 cm ‘deki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır, “SA₈” 8 gün sulama aralığı ve 90 cm ‘deki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır, “SA₁₂” 12 gün sulama aralığı ve 90 cm ‘deki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır.

Alt Konular (sulama düzeyleri); “tam sulama (TS)” her üç sulama aralığında da 90 cm’lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirildiği konu, “kısıntılı sulama (KS₇₅)” TS konusuna uygulanan suyun %75’inin verildiği konu, “kısıntılı sulama (KS₅₀)” TS konusuna uygulanan suyun %50’sinin verildiği konu, “kısmi kök kuruluğu (PRD₁₀₀)” TS konusuna uygulanan su miktarının her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanan sulama konusu, “kısmi kök kuruluğu (PRD₇₅)” TS konusuna uygulanan su miktarının %75’inin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanan sulama konusu, “kısmi kök kuruluğu (PRD₅₀)” TS konusuna uygulanan su miktarının %50’sinin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanan sulama konusu olarak çalışma yürütülmüştür.

Tüm deneme konularında toprak nem gözlemleri 0-30 cm derinliğinde gravimetrik yöntemle, 30-120 cm arasında ise 30 cm’lik katmanlarda nötron yöntemiyle her bir sulamadan önce yapılmış ve dikim tarihinden hasada dek sürdürülmüştür. Konulu sulamalara 90 cm toprak derinliğinde bulunan kullanılabilir suyun %50’si tüketildiğinde başlanmıştır. Her bir sulamadan önce tam sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı Eş. 1’den yararlanılarak belirlenmiştir.

$$I = A \times \Delta s \times P \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte; “I” uygulanan sulama suyu miktarı (mm), “A” parsel alanı (m²), “Δs” 90 cm toprak derinliğindeki eksik toprak nemi (mm) ifade etmektedir.

Bitki su tüketimi (ET), 120 cm toprak derinliğindeki su dengesi esasına göre hesaplanmıştır. Su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) belirlemek amacıyla Howell ve ark., (1995)’nin verdiği Eş. 2 ve Eş. 3 kullanılmıştır.

$$WUE = Y/ET \quad (\text{Eş. 2})$$

$$IWUE = Y/I \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitliklerde; “IWUE” sulama suyu kullanım randımanı (kg m⁻³), “WUE” su kullanım randımanı (kg m⁻³), “Y” sulama konularından elde edilen verim (kg ha⁻¹), “I” sulama suyu miktarını (mm), “ET” toplam su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

Deneme süresince örtü yüzdesi izlenerek her sulama öncesi belirlenmiştir. Örtü genişliğinin sıra arası uzaklığa oranlanmasıyla örtü yüzdesi hesaplanmıştır. Kısıntılı sulama KS₇₅ ve PRD₇₅ konularına TS konusuna uygulanan suyun %75’i, KS₅₀ ve PRD₅₀ konusuna ise %50’si uygulanmıştır.

Klorofil ölçümleri, tüm konularda sulamalardan önce “Minolta SPAD-502” portatif klorofilmetre cihazı ile ölçülmüştür. Bu amaçla gün ortasında (12:00-14:00), her parselde tam gelişmiş, güneşe bakan 10 yaprakta ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır.

Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket programı kullanılmıştır. Denemelerden elde edilen sayısal değerler, varyans analizine tabi tutulup uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır. Su verim ilişkilerinin belirlenmesinde Excel paket programı kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada konulu sulamalara topraktaki elverişli nemin %50’si tüketildiğinde başlanmıştır. Konulu sulama programına 30 Nisan 2017 tarihinde başlanmış, SA₄ ve SA₈ konularına 9 Haziran, SA₁₂ konusuna ise 05 Haziran tarihinde son sulama uygulanmıştır. Konulara bağlı olarak hasattan 12-16 gün önce sulamalara son verilmiştir. Deneme konularına ilişkin sulama suyu miktarları, verim, mevsimsel bitki su tüketimi (ET), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 4’de, LSD gruplandırması ise Çizelge 5’de verilmiştir.

Bu çalışmada, SA₄ konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 176-300 mm, SA₈ konusuna 159-266 mm, SA₁₂ konusuna ise 150-249 mm arasında, bitki su tüketim değerleri ise SA₄ konusunda 385-486 mm, SA₈ konusunda 379-451 mm, SA₁₂ konusunda ise 391-447 mm arasında değişmiştir. Genellikle her bir sulama aralığında yer alan sulama düzeylerinde artan sulama suyu ile mevsimlik ET değerlerinde de artış gözlenmiştir. TS ve PRD₁₀₀ konusuna, KS₇₅ ve PRD₇₅ konusuna, KS₅₀ ve PRD₅₀ konularına aynı sulama suyu verilmesine rağmen, geleneksel ve geleneksel kısıntılı sulama konularında PRD konularına kıyasla az da olsa daha düşük ET değerleri belirlenmiştir. Çamoğlu ve ark. (2010), Çanakkale yöresinde damla sulama ile sulanan karpuz bitkisinde yaptığı çalışmada, eksik nemin tam olarak karşılandığı kontrol konusunda (%100), ortalama mevsimlik bitki su tüketimi 475 mm ve uygulanan ortalama toplam sulama suyu miktarı ise 403 mm olarak belirlemiştir. Pejic ve ark. (2016), Vojvodiana eyaletinde yürüttükleri çalışmada, Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 275 mm olarak bulunmuştur. Karpuz yetiştirme sezonu boyunca referans bitki su tüketimi 521 mm, maksimum bitki su tüketimi 398 mm, gerçek bitki su tüketimi 117 mm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Deneme yeri topraklarının kimyasal özellikleri

Konular		2017				
Sulama aralığı	Sulama düzeyi	I (mm)	ET (mm)	Verim (kg da ⁻¹)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
SA ₄	TS	300	480	10.84 a	22.6 ab	36.1 f
	PRD ₁₀₀	300	486	10.51 a	21.6 bcd	35.0 fg
	KS ₇₅	238	432	9.93 b	23.0 a	41.7 cd
	PRD ₇₅	238	437	9.68 bc	22.2 bcd	40.7 cde
	KS ₅₀	176	385	8.65 d	22.5 abc	49.1 a
	PRD ₅₀	176	392	8.35 de	21.3 cde	47.4 a
SA ₈	TS	266	443	9.65 bc	21.8 bcd	36.3 f
	PRD ₁₀₀	266	451	9.44 c	20.9 de	35.5 fg
	KS ₇₅	212	411	8.42 de	20.5 ef	39.7 de
	PRD ₇₅	212	419	8.19 ef	19.6 fg	38.7 e
	KS ₅₀	159	379	7.16 g	18.9 gh	45.1 b
	PRD ₅₀	159	387	6.74 gh	17.4 ı	42.4 c
SA ₁₂	TS	249	442	8.05 ef	18.2 hı	32.3 hj
	PRD ₁₀₀	249	447	7.77 f	17.4 ı	31.2 ij
	KS ₇₅	199	414	7.11 g	17.2 j	35.7 f
	PRD ₇₅	199	421	6.51 h	15.5 j	32.7 hı
	KS ₅₀	150	391	5.02 ı	12.8 k	33.5 gh
	PRD ₅₀	150	397	4.52 j	11.4 ı	30.1 j

P<0.01 (**%1 düzeyinde önemli) P<0.05 (*%5 düzeyinde önemli) P>0.05 öd (önemli değil)

Çizelge 5. Deneme yeri topraklarının kimyasal özellikleri

Konular	Verim (t ha ⁻¹)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
LSD (0.05)	0.45	1.08	2.23
P	0.0184*	0.0001**	0.0001**
CV (%)	3.28	3.37	3.52

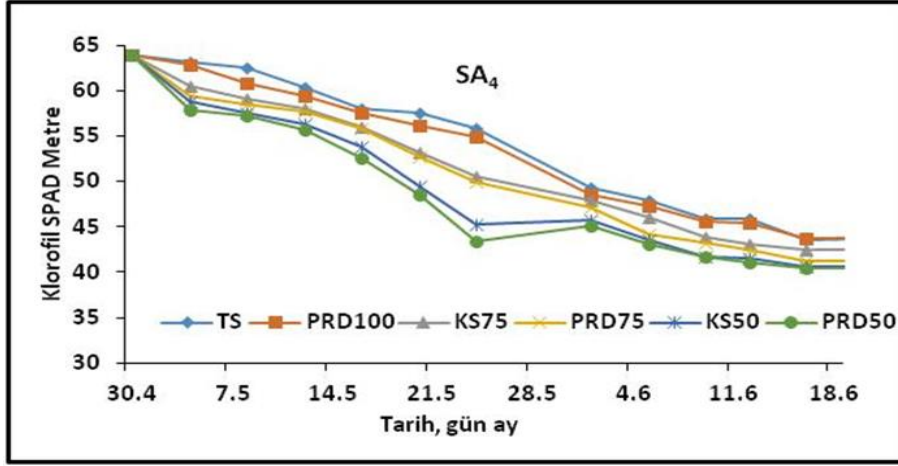
P<0.01 (**%1 düzeyinde önemli) P<0.05 (*%5 düzeyinde önemli) P>0.05 öd (önemli değil)

Araştırmada WUE değerleri 11.4-23.0 kg m⁻³ arasında, IWUE değerleri ise 30.1-49.1 kg m⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek su kullanım değerleri (WUE) SA₄ sulama aralığının KS₇₅ sulama düzeyinden elde edilmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanı değerleri ise (IWUE) SA₄ sulama aralığının KS₅₀ sulama düzeyinden elde edilmiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu arttıkça IWUE değerleri azalmıştır. Kuşcu ve ark. (2015), WUE değerini ilk yılda 15.32-15.59 kg m⁻³ ikinci yılda 15.38-16.58 kg m⁻³, IWUE değerini ilk yılda 17.73-23.53 kg m⁻³, ikinci yılda 20.23-28.57 kg m⁻³, Pejic ve ark. (2016), WUE değerini 9.93-10.29 kg m⁻³ olarak tespit etmişlerdir. Denemede elde edilen değerlerin söz konusu araştırmacıların elde ettiği değerlerden daha yüksek olmasının nedeni iklim, toprak ve çeşit özelliğine bağlı olarak elde edilen verimdeki farklılıklar olabilir.

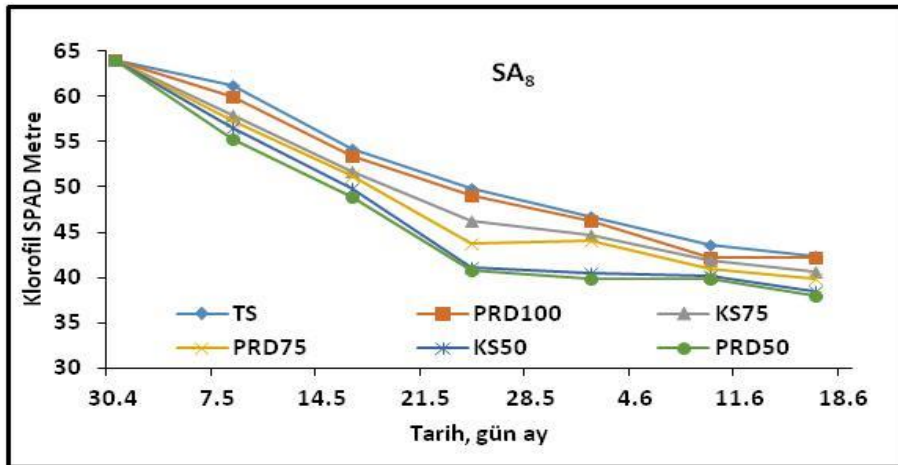
Deneme parsellerinden hasat edilen bitkiler tek tek tartılarak birim alan başına toplam meyve verimi hesaplanmıştır. Denemede verim değerleri, sulama aralığı ve sulama düzeylerine göre farklılık göstermiştir. Sulama aralığı ve sulama düzeyi etkisi istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek verim SA₄ sulama aralığının TS konusundan (10.84 t da⁻¹), en düşük verim ise SA₁₂ sulama aralığının PRD₅₀ (4.52 t da⁻¹) konusundan elde edilmiştir. Kuşcu ve ark. (2015) Bursa'da farklı sulama rejimlerinin karpuz bitkisinde etkilerini belirlemek amacı ile yaptıkları çalışmada en yüksek verimin 2011 yılı için 77.9 t ha⁻¹, 2012 yılı için ise 80.3 t ha⁻¹ ile tam sulama konusundan elde edildiğini belirtmişlerdir. Çamoğlu ve ark. (2010), Çanakkale yöresinde damla sulama ile sulanan karpuz bitkisinde su stresinin bitki su tüketimine, su kullanım randımanına,

verime ve kalite parametrelerine etkilerini belirlemek amacı ile yaptıkları çalışmada, verimin denemenin ilk yılında konulara göre 7.04-56.34 t ha⁻¹, ikinci yılında ise 13.66-64.82 t ha⁻¹ arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

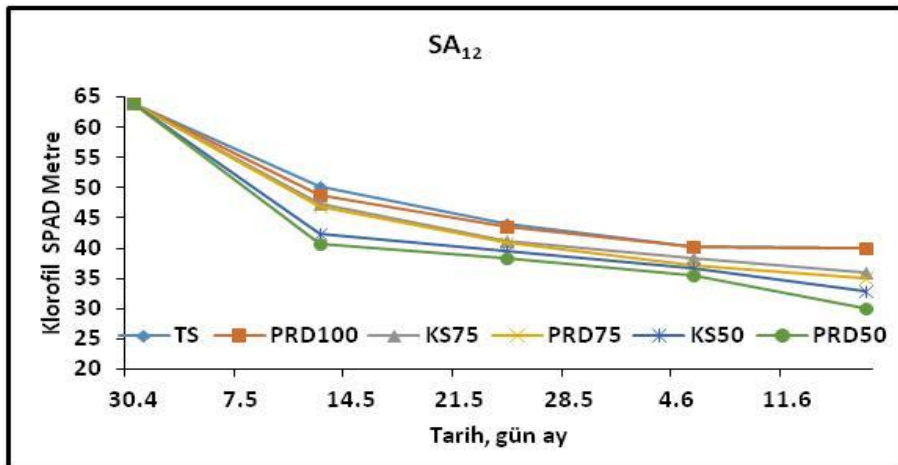
Bitki klorofil değerleri ölçümleri konulu sulamalarla başlanarak hasata dek devam etmiştir. Ölçümler sulamalardan önce yapılmıştır. Farklı sulama aralıkları ve düzeylerine ait sulama öncesi klorofil değerlerinin zamansal değişimi Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 1. SA₄ sulama aralığına ait klorofil değerleri (SPAD)



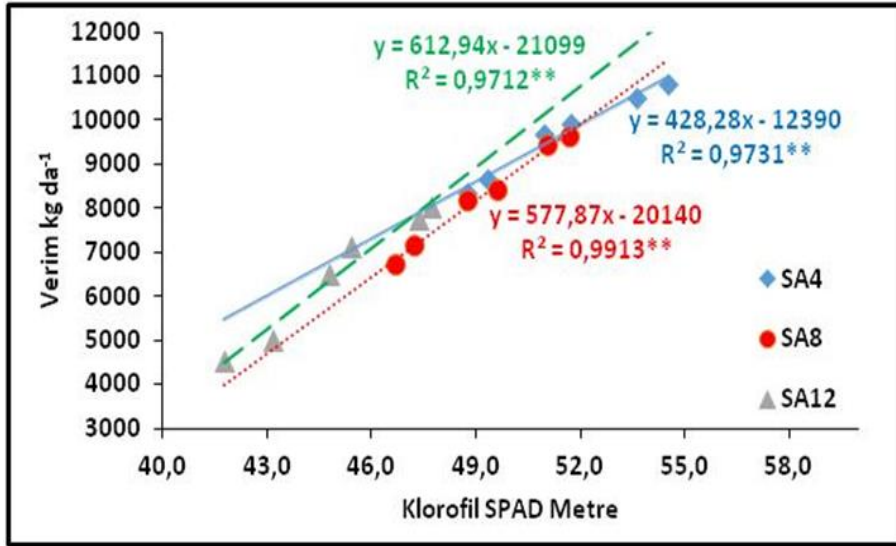
Şekil 2. SA₈ sulama aralığına ait klorofil değerleri (SPAD)



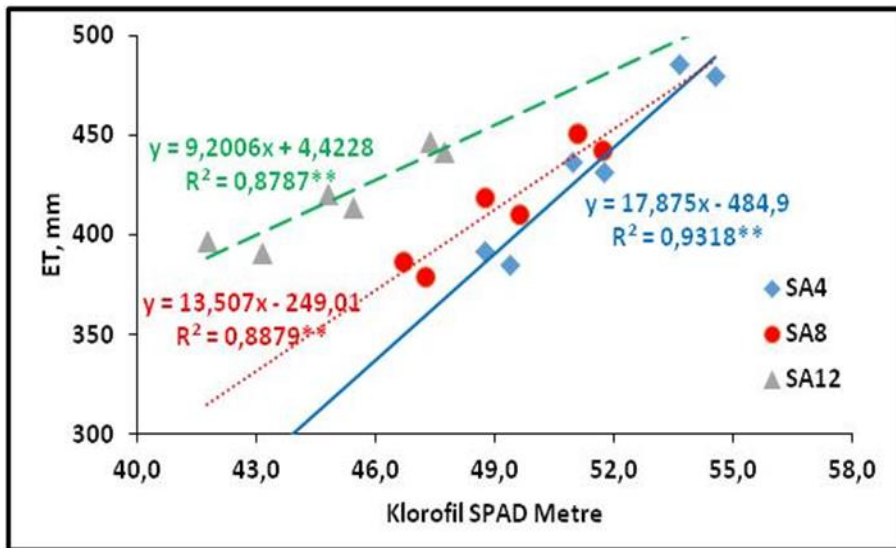
Şekil 3. SA₁₂ sulama aralığına ait klorofil değerleri (SPAD)

Karpuz bitkisine ait klorofil değerleri incelendiğinde sık sulamanın yapıldığı SA₄ sulama aralığında ve her bir sulama aralığına ait su stresi çekmeyen TS ve PRD₁₀₀ sulama düzeylerinde daha yüksek klorofil değerleri belirlenirken, su stresi çeken KS₇₅, PRD₇₅, KS₅₀ ve PRD₅₀ sulama düzeylerinde daha düşük klorofil değerleri belirlenmiştir. Sulama öncesi ortalama klorofil değerleri SA₄ sulama aralığında TS konusunda 54.5, PRD₁₀₀ konusunda 53.6, KS₇₅ konusunda 51.7, PRD₇₅ konusunda 51.0, KS₅₀ konusunda 49.3, PRD₅₀ konusunda 48.7; SA₈ sulama aralığında TS konusunda 51.7, PRD₁₀₀ konusunda 51.0, KS₇₅ konusunda 49.6, PRD₇₅ konusunda 48.7, KS₅₀ konusunda 47.2, PRD₅₀ konusunda 46.7; SA₁₂ sulama aralığında TS konusunda 47.7, PRD₁₀₀ konusunda 47.3, KS₇₅ konusunda 45.4, PRD₇₅ konusunda 44.8, KS₅₀ konusunda 43.1, PRD₅₀ konusunda 41.7 olarak

belirlenmiştir. Araştırmada deneme konularından belirlenen klorofil değerleri ile verim arasındaki ilişkiler Şekil 4'de, klorofil değerleri ile ET arasındaki ilişkiler Şekil 5'de verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde her bir sulama aralığı ayrı ayrı ele alınmış ve tüm konularda klorofil değerleri (SPAD) ile verim ve klorofil değerleri (SPAD) ile ET arasında önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Yazdıç ve Değirmenci (2018), pamuk bitkisinde yaptıkları çalışmada ET ile verim arasında doğrusal ilişki elde ettiklerini, Pıtır (2015), biber bitkisinde su stresi ile klorofil değerinin azaldığını, Köse (2011), kabak bitkisinde kuraklık uygulaması ile kabak klorofil miktarlarının kontrol bitkilerine göre bazılarında değişim göstermezken, bazılarında azalmalar olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4. Verim ile klorofil değerleri (SPAD) arasındaki ilişki



Şekil 5. Bitki su tüketimi (ET) ile klorofil değerleri (SPAD) arasındaki ilişki

Bu çalışma ile, Çukurova bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan karpuz bitkisinde farklı sulama aralıkları ve farklı sulama düzeylerinin klorofil içeriğine (SPAD) etkileri belirlenerek, en uygun sulama programlarının saptanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak; sulama aralığının azalması ve uygulanan sulama suyu miktarının artması ile verimde de artışlar meydana gelmiştir.

Deneme yılında klorofil içeriği (SPAD) değerlerinin sulama aralıkları ve sulama düzeylerine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Sulama aralığı genişledikçe ve su stresi arttıkça klorofil değerlerinde de (SPAD) azalışların meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek verim ortalama klorofil içeriğinin (SPAD) 54.0 olduğu SA₄ sulama aralığının TS konusundan (10.8 t ha⁻¹) elde edilmiştir. Verim bakımından kısıntılı sulama ile PRD uygulamaları karşılaştırıldığında ise PRD uygulamalarından daha düşük verim değerleri elde edilmiştir. Damla sulama ile sulanan karpuzda su kısıntısının olmadığı durumlarda TS konusu, su kısıntısının olduğu durumlarda ise KS₇₅ konusu önerilmektedir. KS₇₅ konusunda sudan %25 tasarruf yapıldığında verimde %8 azalma görülmüştür.

ÖZET

Amaç: Bu araştırma, 2017 yılında damla sulama ile sulanan karpuz bitkisinde farklı sulama aralıkları ve farklı sulama düzeylerin klorofil içeriğine (SPAD) etkisini belirlemek amacı ile Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Denemede materyal olarak Crimson Tide F1 karpuz çeşidi kullanılmıştır. Araştırma, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada 3 farklı sulama aralığı (4 gün (SA₄), 8 gün (SA₈) ve 12 gün (SA₁₂)) ana parselleri; 6 farklı sulama düzeyi (TS: 90 cm'lik toprak profilindeki eksik neminin tarla kapasitesine getirildiği konu, KS₇₅: TS konusuna uygulanan suyun %75'inin uygulandığı konu, KS₅₀: TS konusuna uygulanan suyun %50'sinin uygulandığı konu, PRD₁₀₀: TS konusuna uygulanan su miktarının her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulandığı sulama konusu, PRD₇₅: Tam sulama (TS) konusuna uygulanan su miktarının %75'inin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulandığı sulama konusu, PRD₅₀: Tam sulama (TS) konusuna uygulanan su miktarının %50'sinin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulandığı sulama konusu) ise alt parselleri oluşturmuştur. Konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarı 150-300 mm,

bitki su tüketim değerleri ise 379-486 mm arasında değişmiştir. Sulama aralıkları ve düzeylerinin verim üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Klorofil içeriği (SPAD) ile verim arasında önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir.

Genel Yorum: Uygulanan sulama suyu arttıkça ve sulama aralığı azaldıkça klorofil değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Karpuz bitkisinde klorofil içeriğinin (SPAD) 54.00 değerinde sulanması durumunda (SA₄-TS) en yüksek verim elde edilmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Proje sonunda elde edilen veriler ile karpuz için en uygun sulama aralığı ve sulama uygulaması belirlenerek klorofil değerinin su stresini belirlemede sulama programlanmasında kullanılabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Karpuz, sulama aralığı, sulama düzeyi, klorofil içeriği, kısmi kök kuruluğu.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde sağladıkları katkılardan dolayı TAGEM'e, projede emeği geçen tüm proje ekibine, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne içtenlikle teşekkür ederim.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederim.

KAYNAKLAR

- Anonim (2015a) Karpuzun 5000 Yıllık Tarihi. National Geographic Türkiye <http://www.nationalgeographic.com.tr> Erişim Tarihi: 15.08.2017.
- Çamoğlu G, Aşık Ş, Gen L, Demirel K (2010) Damla sulama ile sulanan karpuzda su stresinin bitki su tüketimine, su kullanım randımanına, verime ve kalite parametrelerine etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 47 (2): 135-144.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) Yield response to water. FAO United Nations Irrigation and Drainage Paper, Roma, Italy, (33), 193 p.
- El-Beheidi MA, El-Sherbeiny AA, El-Sawah MH (1990) Watermelon growth and yield as influenced by nutrition and irrigation methods in new reclaimed sandy soils. Egyptian Journal of Horticulture, 17(1): 47-56.

- Fotovot R, Valizadeh M, Toorchi M (2007) Association between water-use efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. *J. Food Agric. Environ.* 5(3-4): 225-227.
- Güçdemir İH (2006) Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, genel yayın numarası: 231, teknik yayın numarası: T.69, Ankara.
- Gündüz M, Kara C (1996) GAP bölgesi Harran Ovası koşullarında açık su yüzeyi buharlaşmasına göre karpuz su tüketimi. *Toprak ve Su Kaynakları araştırma yıllığı, KHGM-APK Dairesi Başkanlığı*, (98): 258-269.
- Howell TA, Yazar A, Schneider AD, Dusek DA, Copeland KS (1995) Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation. *Trans. of the ASAE*, 38(6): 1737-1747.
- Hendry GAF, Houghton JD, Brown SB (1987) The degradation of chlorophyll-a biological enigma. *New Phytol.* 107 (2): 255-302.
- Hurst WC (2000) Harvest and handling. *Commercial watermelon production*, University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service, USA, 996: 23-24.
- Köse Ş (2011) Türkiye’de yetiştirilen bazı kabak türlerinde (*cucurbita* sp.) kuraklık stresine tolerans bakımından genotipik varyasyonun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri ABD, 87 s.
- Kuşcu H, Turhan A, Özmen N, Aydınol P, Demir AO (2015) Bursa ekolojik koşullarında karpuzun su kullanım etkinliği, verim ve meyve kalitesi üzerine farklı sulama rejimlerinin etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 28(1): 21-26.
- Li P, Dong H, Liu A, Liu J, Sun M, Wang G, Zhang S, Li Y, Mao S (2014) Diagnosis of Premature Senescence of Cotton Using SPAD Value. *Agric. Sci.* 5: 992-999.
- Miller G (2002) Home and garden information center (Excerpted from Home Vegetable Gardening, EC 570, 2002). County Extension Agent, Clemson University, ABD, <http://hgic.clemson.edu/factsheets/hgic1325.htm>.
- Pejić B, Mačkić K, Pavković S, Ljevnaić-Mašić B, Aksić M, Gvozdanić-Varga J (2016) Water-yield relations of drip irrigated watermelon in temperate climatic conditions. *The Serbian J. Agric. Sci.* 65(1): 53-59.
- Pıtır M (2015) Biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri ABD, 85 s.
- Penuelas J, Filella I, Gamon JA (1995) Assessment of photosynthetic radiation-use efficiency with spectral reflectance. *New Phytol.* 131(3): 291-296.
- Srinivas K, Hegde DM, Havanagi GV (1989a) Irrigation studies on watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai). *Irrigation Sci. (Historical Archive)*, 10(4): 293-301.
- TÜİK (2017) Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi 17.11.2017.
- Yazdıç M, Değirmenci H (2018) Pamukta farklı sulama seviyelerinin yaprak su potansiyeli ve klorofil değerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 21(4): 511-519.



Monitoring soil electrical conductivity as an agricultural management tool in drip-irrigated citrus field via EM38

Damla sulama ile sulanan narenciye bahçesinde EM38 aleti kullanılarak toprak elektriksel iletkenliğinin izlenmesi

Burçak KAPUR¹, Mahmut ÇETİN¹, Harun KAMAN², Eser ÇELİKTOPUZ¹

¹Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

²Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Antalya, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

EM38, drip irrigation, citrus, salinity, Mediterranean climate

✉ Corresponding author: Burçak KAPUR

✉: bkapur@cu.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Soil salinity continues to be one of the vital environmental problems affecting both crop yields and soil quality. Therefore, monitoring spatial and temporal soil salinity at the field level is highly crucial. Electromagnetic induction (EM) technique is a widely used tool for mapping of measuring the apparent bulk salinity (EC_a) of a soil-water continuum. Therefore, the objective of this study was to investigate the spatiotemporal variability of soil salinity in a drip irrigated citrus field located in Adana, Turkey.

Methods and Results: To monitor soil salinity electromagnetic induction device, EM38 was used. Both horizontal (EM_h) and the vertical (EM_v) dipole orientations of EM38 was utilized to assess the salinity. In order to convert EC_a lectures to the standard soil salinity levels of EC_e, calibration equations in turn for EC_{ah} and EC_{av} were developed for the site by following conventional soil sampling and salinity measurement. The calibration models were satisfactory with the correlations over 0.70. EM38 lectures were done each month, from April to September. After converting EC_{ah} and EC_{av} readings by EM38 to the standard soil salinity values of EC_{ev} and EC_{eh}, respectively, interpretation of the standard soil salinity data reflected that average salinity increased about 19 and 21% in the soil profile with the depth of 1 and 2 m soil, respectively, in an irrigation season.

Conclusions: The salinity was significantly increased at the end of irrigation season. Additionally, a concrete-lined irrigation channel located the very close to the field caused an increase in soil salinity and farther from channel the soil salinity values were decreasing. Thus, the irrigation water penetration could be occurred from channel to the field.

Significance and Impact of the Study: Consequently, the monitoring approach is able to be adapted successfully in practice so that the soil salinity could be quantified easily and rapidly.

Atif / Citation: Kapur B, Çetin M, Kaman H, Çeliktöpuz E (2019) Monitoring soil electrical conductivity as an agricultural management tool in drip-irrigated citrus field via EM38. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :188-195

INTRODUCTION

Irrigation is necessary in arid and semi-arid agricultural production zones to provide the global food safety. However, irrigation induced soil salinity could be a serious concern within a span of several years of

irrigation. Thus, salt accumulation in the root zone limits the productivity of field crops, pasture plants or trees, and provokes desertification in arid climates. Rapid, reliable and cost-effective mapping of the soil salinity is received a considerable interest in intensive agricultural areas where the soil salinity is restrictive. Precise field

evaluation of salinity via soil sampling is highly time consuming and costly (Slavich and Read, 1984). Contrarily, electromagnetic (EM) bulk salinity assessment is a noninvasively method that permits lectures of apparent soil electrical conductivity (ECa) by inducing an electrical current in the soil (McNeill, 1980). The induced electromagnetic field when transferred into an output voltage relates linearly to depth-weighted soil apparent salinity (Rhoades, 1992). EM induction technique is more secured than other monitoring methods due to not requirement of a radioactive source (Padhi and Misra, 2011). Therefore, the EM38 is portable equipment developed to take in field lectures of apparent soil conductivity promptly and accurately (Çetin et al., 2012). The device is placed on the ground horizontally (ECa_h) and vertically (ECa_v) which reflects the soil profile with the depth of 1 and 2 m soil, respectively. Furthermore, data collected with the EM38 instrument are essentially known as apparent soil salinity, ECa, which can be converted to standard soil extract salinity (ECe) with proper calibration (Çetin et al., 2012).

In situ determination of the ECa via EM38 has attracted significant attention of the precision agriculture community (Corwin and Lesch, 2005; Padhi and Misra, 2011). In turn, Çetin et al. (2012) and Kaman et al. (2013) successfully used the EM38 device in soil salinity surveys in large-scale irrigation schemes, and they proved that the EM38 provided reliable enough estimates of soil salinity without intensive soil sampling. In literature, there are some cases that EM38 device has been used for other purposes. For instance, Kachanoski et al. (1988, 1990) found that spatial variation in soil water content within the top 0.5 and 1.7 m to be highly correlated with the spatial variation in bulk soil electrical conductivity monitored with EM38 device. Thus, also this instrument could be helpful to potential measurement for predicting variation in crop production caused by soil water change (Heermann et al., 2000). In this context, the method has been increasingly applied in precision agriculture and has been widely used for different purposes such as assessing soil salinity (Herrero et al., 2003; Bennett and George, 1995; Triandafilis et al., 2000; Bennett et al., 2000; McLead et al., 2010; Çetin et al., 2012), salt leaching (McLead et al., 2010), soil sodicity (Amezketta, 2007; Nelson et al., 2002), soil acidity (Dunn and Beecher, 2007), spatial variation of soil moisture (Huth and Poulton, 2007), soil texture (Hedley et al., 2004), depth to clay pan (Sudduth and Kitchen, 1993; Sudduth et al., 1995; Jung et al., 2006), crop yield

responses to salinity (Bercero and Aragues, 1996; Aragues et al., 1999) and in applications to upgrade soil map (Vitharana et al., 2008). However, locally conducted trials are required to improve the application of this technique in specific regions and cultural systems. In turn, deriving calibration equation for the study site is a prerequisite in order to utilize the EM38 lectures.

Staple objectives of the work were three-fold: (a) to study functional relationship between ECa and ECe and (2) to show whether mapping and monitoring of soil salinity are within the bounds of possibility through utilizing EM38 device in both vertical and horizontal dipole modes, and (3) to reflect temporal changes in the soil salinity in a Citrus orchard in an irrigation season.

MATERIALS and METHODS

Experimental Area

This study was carried out in a drip irrigated citrus orchard plantation –covering 30 da area in Karayusuflu village– in the Lower Seyhan Plain. Study area is geographically located within latitudes of 36° 52' 08"–36°52'11" N and longitudes of 35°12'58"–35°13'01" E in the south-west direction of the city Adana (Figure 1) with an altitude of 10 m above mean sea level. August is the hottest month with long-years average temperature of 28.7°C, and January is the coolest month with the 9.5 °C temperature. Annual average precipitation is about 647 mm. The area has Mediterranean climate characteristics with cool and rainy winters, hot and dry summers.

In the experimental site, the irrigation season generally starts in April, and ends in October. Irrigation water used in the field is obtained through the well with a depth of 200 m. Until July, the orchard is irrigated four times a month, and then, 8 times a month. Each irrigation application lasts for 5 hours. Drip irrigation system consisted of 2 l h⁻¹ flow rate drippers and two laterals in each citrus row. Furthermore, according to the USSL irrigation water classification, irrigation water was classified as C2S1. During the irrigation season in 2006, total monthly rainfall in April, May and June were recorded as 9.3, 19.8, and 4.5 mm, respectively.

Çanakçı soil series, consisted of largely alluvial deposits of the delta plain, is dominant in the study field. The low permeability of the soils due to very heavy clay texture is the major constraint to farming practices. Soil lime content is about 20% and is considered rather high. Soil pH ranges from 7.4 to 7.6 with high exchangeable Na percentage.

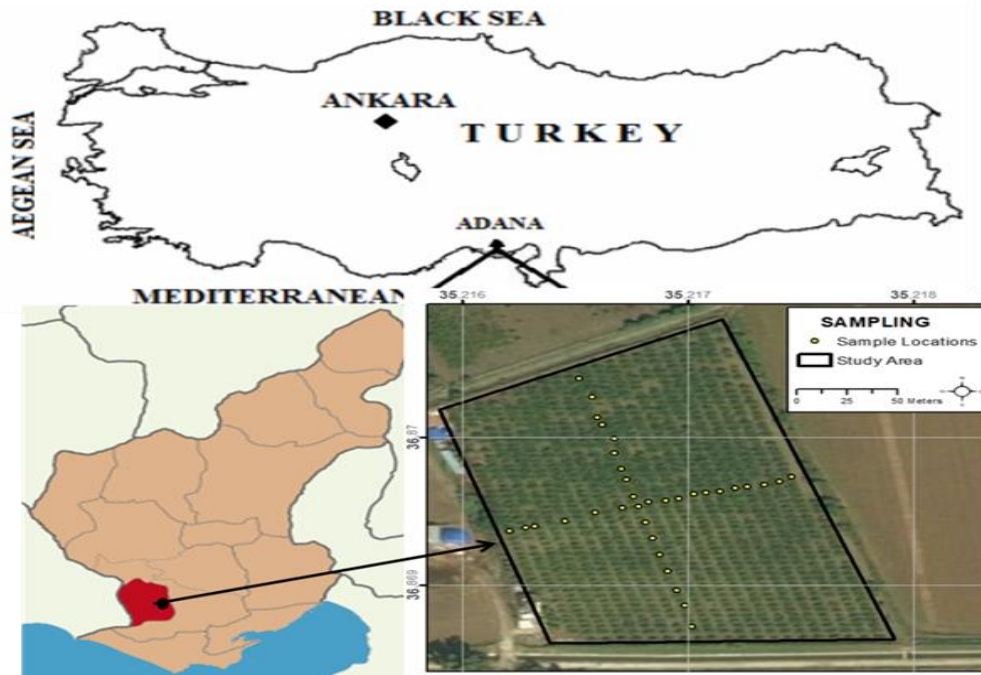


Figure 1. The coordinates of the soil samplings

Soil Salinity Measurements

Soil E_{Ca} values were measured at 34 sampling point with EM38 device by orienting it in a horizontal (E_{Ca_h}) and vertical (E_{Ca_v}) dipole modes. To this end, six sets of lectures were done on two transects in the field –from April to August (Figure 1). As a precaution, any metal objects that may influence the electromagnetic field of the EM38 were removed during the measurement process. Ten locations out of 34 points –covering both the entire citrus orchard and the full range of EM38 readings– were selected for conventional soil sampling with auger. Soil sampling was done in April and August to derive a representative calibration equation of EM38. For this purpose, soil samples from 0–30, 30–60, and 60–90 cm layers of the soil profile were collected directly from beneath the EM38 reading locations. Soil moisture increased with depth at all sampling sites due to the influence of shallow groundwater table. Both the E_{Ca} reading locations as well as soil sampling sites were geo-referenced by using a GPS equipment as UTM.

Collected soil samples were air-dried, grounded and sieved to pass through a 2 mm screen. Saturation soil pastes were prepared using 100 g sub-samples, kept in the laboratory for 12 hours of equilibrium time, and the saturation extracts were taken to make standard electrical conductivity (E_{Ce}) measurements of the soil via following the procedure described by USSL (1954). Average E_{Ce} values in the profile were calculated for EM38 calibration process.

Deriving Calibration Equation of The EM38 Device

The EM38 readings from 10 soil sampling sites including E_{Ca_h} and E_{Ca_v} were separately calibrated against the mean E_{Ce} values, and the best-fit models for horizontal and vertical lectures were selected by curve estimation procedures as explained in Diaz & Herrero (1992). To this aim, mean E_{Ce} values for a specified depth served as a dependent variable and apparent conductivities measured (E_{Ca_h} and E_{Ca_v}) at the locations where soil samples were taken as independent variable – $E_{Ce}=f(E_{Ca_h})$ for 0.0-1.0 m soil depth and $E_{Ce}=f(E_{Ca_v})$ for 0.0-2.0 m soil profile. All the candidate models including linear, curvilinear, exponential and power curves were tested to get representative calibration curve for horizontal and vertical EM38 measurements. To facilitate the selection of the best fitting model, the association between the two variables was first examined on scattered graphs. The model with all of the parameters significantly different from zero ($P < 0.01$ level) and with the smallest mean square error (MSE) was selected as the best representative calibration model.

Spatial Variability of Soil Salinity

Kriging is a stochastic optimal interpolation method, frequently used for interpolation of both weather and soil variables. In recent decades, *kriging* has become a very popular interpolation method, due to its advantageous properties; each estimate is supplied with confidence information in which the quantified

uncertainty increases with the distance from the observation points; an estimated spatial picture of a variable links up continuously with the observations at the observation points. It is a statistical method of which statistical tests (variances of the parameter estimates) can be derived. Kriging provides a measure of uncertainty of the estimated surface; the technique is powerful and can be easily programmed. The input data at known locations are used for the derivation of semi-variogram –representing usually an irregularly spaced sample of points. The basis of the *kriging technique* is the rate at which the variance between points changes over the space. This is expressed through the semi-variogram which shows how the average difference between values at points changes with the distance between the points. The spatial distribution patterns of soil salinity were studied by examining the E_{Ce} maps produced through using *kriging interpolation* (Royle et al., 1981) technique. The contour maps were produced for the E_{Ce_h} and E_{Ce_v} values –estimated from the E_{Ca-H} and E_{Ca-V} readings, respectively.

RESULTS and DISCUSSION

As explained in detail in the section of materials, E_{Ca} lectures were done and soil samples were manually collected from the 10 sampling points. Table 1 reflects some statistics of E_{Ca_h} and E_{Ca_v}, and the average soil salinities at 0-30, 30-60, and 60-90 cm soil depths. Electrical conductivity values of the soil paste extract, i.e. E_{Ce}, decreased with increasing soil depth, indicating that the vertical variability and level of salinity in the deeper horizons were low. This kind of salinity development in irrigated areas is an indication of inverted electrical

conductivity, i.e. salinity, profiles. Additionally, inverted salinity profile might be the cause drip irrigation practice. Furthermore, this could be the effect of soil texture that upper horizons have higher soil water holding capacity. Moreover, it could be very high evapotranspiration at the upper horizons or soil surface results in accumulation of salt in the system as mentioned by Çullu et al. (2002). The coefficient of variation of E_{Ca_h}, E_{Ca_v} and E_{Ce} were highly acceptable ($CV \ll 30\%$), confirming the homogeneity of soil salinity distribution in the study area. According to the average values of the EM38, E_{Ca_v} and E_{Ca_h} were increased significantly as well as 19% and 18%, respectively.

The point patterns on the graphs for E_{Ca_h} vs. E_{Ca_v} readings at the EM38 monitoring sites (n=34) showed that the relationship between variables were in the linear form with the determination coefficient $R^2 > 95\%$, although some dispersion was evident in the EM38 lectures (Figure 2). Herrero et al. (2003) and Amezketa (2007) concluded that both E_{Ca_h} and E_{Ca_v} readings were similar (i.e. slopes are almost 1.00 and intercepts close to 0.00). In this study, in most cases E_{Ca_v} readings were slightly higher than E_{Ca_h} readings as mentioned by Kaman et al. (2013). The reason for this could be the higher water table level that affects vertical readings. At the end of the season EM38 lectures showed higher salinity values than soil sampling results. This could be explained by the increased soil water content as mentioned by Korsath (2005). Therefore, it is of great importance that E_{Ca} readings should be done when the soil moisture is about at the field capacity level. In this study, E_{Ca} readings were, in turn, done two days after irrigations.

Table 1. Descriptive statistics of apparent soil salinity readings at horizontal (E_{Ca_h}) and vertical-dipole position (E_{Ca_v}) readings with EM38 at salinity monitoring sites and E_{Ce} values at manual soil sampling points. Salinity values are in the unit of $\mu\text{mhos cm}^{-1}$

Statistics	Sampling points 0-30		Sampling Points 30-60		Sampling Points 60-90		EM38 Readings E _{Ca_v}		EM38 Readings E _{Ca_h}	
	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End
	Mean	490	505	444	457	420	446	495	585	466
Median	478	485	440	452	423	428	467	537	461	543
Minimum	460	463	420	429	372	396	436	447	449	474
Maximum	560	574	480	494	470	571	668	887	500	686
Std. deviation	31	40	22	21	35	55	62	120	15	55
Skewness	1.56	0.88	0.64	0.65	0.11	1.70	0.99	0.65	0.57	0.79
Kurtosis	2.32	-1.01	-0.79	-0.16	-1.14	3.19	0.14	-0.55	-0.82	0.04
CV%	6	8	5	5	8	12	13	20	3	10

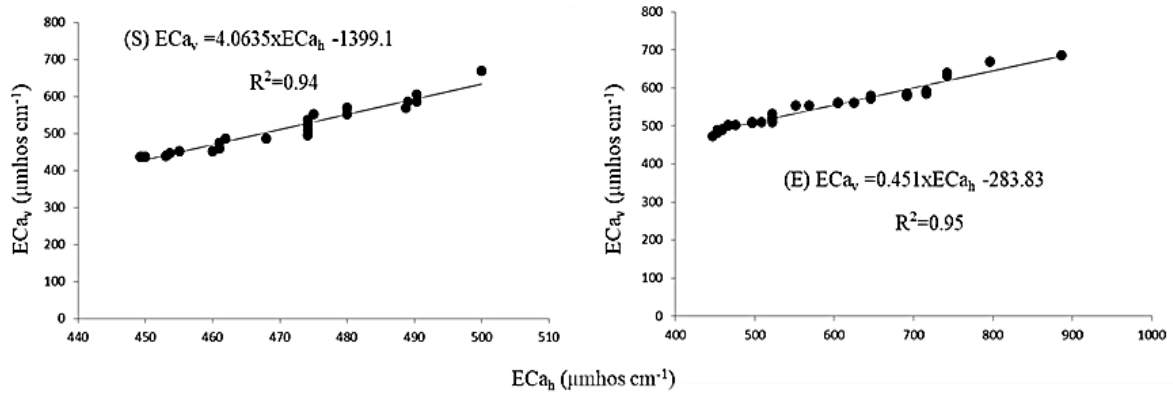


Figure 2. Linear relationships between horizontal- (ECa_h) and vertical- (ECa_v) dipole position apparent soil salinity lectures of electromagnetic induction meter (EM38): (S) at starting ($n=34$), (E) at the ending ($n=34$)

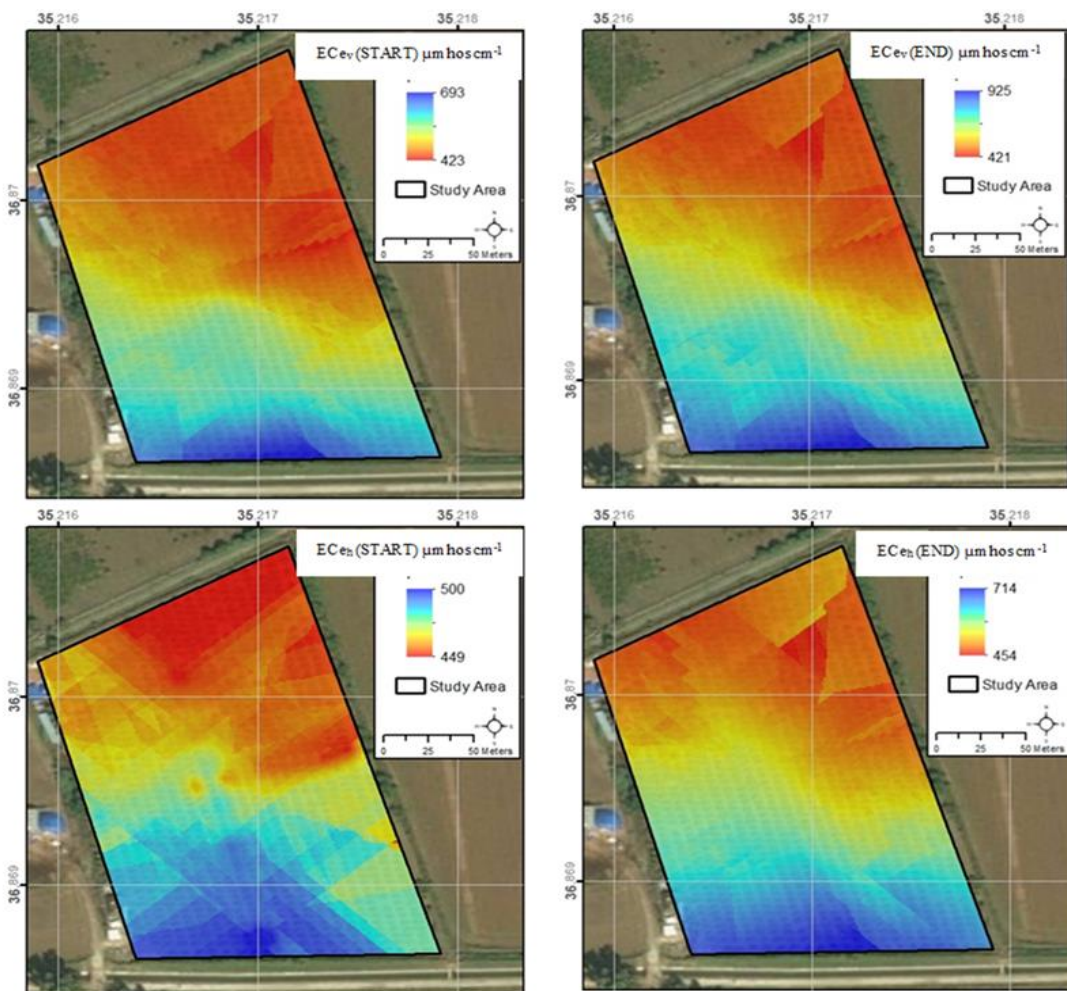


Figure 3. Spatial variability of soil salinity in the 0-1 m (ECe_h) and 0-2 m (ECe_v) soil depth at the beginning and at the end of irrigation season

As for the calibration equations, either ECa_h or ECa_v measurement at the 10 soil sampling points was preferred as a covariate to obtain calibration equations for ECE . Acceptable polynomial correlations were obtained between the average ECE values obtained from the soil depths of 0-30 to 0-90 cm. The coefficient of

determination (R^2) for the calibration equations of ECa_h and ECa_v were found statistically significant ($P < 0.001$). Furthermore, R^2 was about 0.63 for the ECa_v lectures in the 0-90 cm soil profile and 0.81 for the ECa_h lectures in the 0-60 cm soil profile. It is important to highlight that calibration results were found in good agreement with

the results given by Kaman et al. (2013). Furthermore, Herrero et al. (2003) reflected strong linear relationships between average EC_e values (obtained from 0-25 to 0-150 cm soil depths) and EC_{av} and EC_{ah} lectures.

In this study, the calibration equations were used to convert EC_a lectures to standard EC_e readings in order to make logical and/or reasonable interpretations. Then, soil salinity maps were generated for the study site in order to delineate spatial character of soil salinity. Based on the soil salinity maps (Figure 3), it is clearly visible that salinity levels in the soil increased with time during the irrigation season. A qualitative comparison of these maps suggests that there may have been a pronounced rise in soil salinity in the north to south section of this field. Vertical and horizontal salinity readings showed that salinity was higher in the southern parts of the field where the irrigation canal was located. Furthermore, the salinity levels were decreasing in the vicinity of drainage canal located at south of the field, indicating the proper functioning of the drain age canal. Thus, the water intrusion from irrigation canal influenced the salinity degree of the citrus field although the canal is concrete-lined and water quality is good. Even so, the drainage canal works well as it was expected. EC_{eh} values –observed in 0-1 m soil layer– ranged between 400-500 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ at starting of the irrigation season and reached up to 715 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ at the end of the season. Likewise, EC_{ev} results –observed in 0-2 m soil layer– reflects that at the start of the season the salinity ranges between 400-690 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ and reached up to 925 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ in some parts of the field at the end of the season.

CONCLUSIONS

This case study proved the applicability of EM38 device in the soil salinity survey works in a semi-arid part of Mediterranean region of Turkey. The application of soil sampling and site-specific lectures of electromagnetic induction equipment (type EM38), relations between soil salinity and electromagnetic induction measurements reflects an acceptable rapid and easy way to use the EM38 device in the agricultural areas to determine salinity. The outcomes showed that the EM38 readings were quite higher than the manually sampled salinity data, which could be related with the increased soil water content. The horizontal EM38 lectures were lower than the vertical ones, indicating inverted salinity profile in the study site. Although the salinity levels are rather low compared with the threshold value for the citrus, normal salinity profile are desirable for the sustainability of orchard field. The salinity was

significantly increased at the end of irrigation season. Therefore, leaching is necessary by winter precipitation or irrigation applications. Water intrusion or leakage from irrigation canal to the field may accelerate salinity development in the agricultural area. However, proper drainage canals are beneficial for managing soil salinity as the case in this study.

ACKNOWLEDGEMENTS

The help of Prof. Dr. Erhan Akça, Mehmet Ünal (Agricultural engineer of the experimental field), and Dr. M. Akif Erdoğan is gratefully acknowledged for their valuable contribution on the manuscript.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Amezketta E (2007) Soil salinity assessment using directed soil sampling from a geophysical survey with electromagnetic technology: a case study. Spanish J. Agric. Res. 5 (1): 91–101.
- Aragües R, Playan E, Ortiz R, Royo A (1999) A new drip-injection irrigation system (DIS) for crop salt tolerance evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J, 63: 1397–1404.
- Bennett DL, George RJ (1995) Using the EM38 to measure the effect of soil salinity on Eucalyptus globulus in south-western Australia. Agric. Water Manage. 27: 69–85.
- Bennett DL, George RJ, Whitfield B (2000) The use of ground EM systems to accurately assess salt store and help define land management options for salinity management. Explor. Geophys. 31: 249–254.
- Bercero A, Aragües R (1996) Respuesta de la cebada Alpha a la salinidad del suelo. Riegos y Drenajes XXI 88: 45–50.
- Cetin M, Ibrikci H, Kirda C, Kaman H, Karnez E, Ryan J, Topcu S, Oztekin ME, Dingil M, Sesveren S (2012) Using an electromagnetic sensor combined with geographic information systems to monitor soil salinity in an area of southern Turkey irrigated with drainage water. Fresenius Environmental Bulletin, 21 (5): 1133-1145.
- Corwin DL, Lesch SM (2003) Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. Agron. J. 95: 455–471.

- Cullu MA, Almaca A, Sahin Y, Aydemir S (2002) Application of GIS for monitoring soil salinisation in the Harran Plain, Turkey. *Int. conference on sustainable land use and management*, pp. 326-332.
- Diaz L, Herrero J (1992) Salinity estimates in irrigated soils using electromagnetic induction. *Soil Sci.* 154: 151-157.
- Dunn BW, Beecher HG (2007) Using electro-magnetic induction technology to identify sampling sites for soil acidity assessment and to determine spatial variability of soil acidity in rice fields. *Aust. J. Exp. Agric.* 47: 208-214.
- Hedley CB, Yule IJ, Eastwood CR, Shepherd TG, Arnold G (2004) Rapid identification of soil textural and management zones using electromagnetic induction sensing of soils. *Aust. J. Soil Res.* 42: 389-400.
- Heermann DF, Hoeting J, Duke HR, Westfall DG, Buchleiter GW, Westra P, Peairs FB, Fleming K (2000) Irrigated precision farming for corn production. In *Proceedings of Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry*, Lake Buena Vista, Florida, pp. 144-151.
- Herrero J, Ba AA, Aragües R (2003) Soil salinity and its distribution determined by soil sampling and electromagnetic techniques. *Soil Use and Manage.* 19: 119-126.
- Huth NI, Poulton PL (2007) An electromagnetic induction method for monitoring variation in soil moisture in agroforestry systems. *Aust. J. Soil Res.* 45: 63-72.
- Jung WK, Kitchen NR, Sudduth KA, Anderson SH (2006) Spatial characteristics of claypan soil properties in an agricultural field. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70 (4): 1387-1397.
- Kachanoski R; Wesenbeeck IV, Jong ED (1990) Field scale patterns of soil water storage from non-contacting measurements of bulk electrical conductivity. *Can. J. Soil Sci.* 70: 537-542.
- Kachanoski RG, Gregorich EG, Van-Wesenbeeck IJ (1988) Estimating spatial variations of soil water content using noncontacting electromagnetic inductive methods. *Can. J. Soil Sci.* 68: 715-722.
- Kaman H, Çetin M, Kirda C, Kurunç A, Sesveren S (2013) Using electromagnetic induction technique to determine soil salinity within layers of varying depths: a case study in the mediterranean farmlands, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(9): 2554-2566.
- Korsaeth A (2005) Soil apparent electrical conductivity (ECa) as a means of monitoring changes in soil inorganic N on heterogeneous morainic soils in SE Norway during two growing seasons. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72: 213-227.
- McLeod MK, Slavich PG, Irhas Y, Moore N, Rachman A, Ali N, Iskandar T, Hunt C, Caniango C (2010) Soil salinity in Aceh after the December 2004 Indian Ocean tsunami. *Agric. Water Manage.* 97: 605-613.
- McNeill JD (1980) Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. *Tech. Note TN-6. Geonics Limited*, pp: 14-21.
- Nelson PN, Lawer AT, Ham GJ (2002) Evaluation of methods for field diagnosis of sodicity in soil and irrigation water in the sugarcane growing districts of Queensland, Australia. *Aust. J. Soil Res.* 40: 1249-1265.
- Padhi J, Misra RK (2011) Sensitivity of EM38 in determining soil water distribution in an irrigated wheat field. *Soil & Tillage Res.* 117: 93-102.
- Rhoades JD (1992) Instrumental field methods of salinity appraisal. In: *Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bring Theory into Practice* (Eds. Topp GC., Reynolds WD, Green RE), SSSA Special Publication No. 30. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 231-248.
- Royle AG, Clausen FL, Frederiksen P (1981) Practical universal kriging and automatic contouring. *Geoprocessing 1*: 377-394.
- Slavich PG, Read BJ (1984) Assessment of electromagnetic induction measurements of soil salinity for indication of crop response. In: E. Humphries (Editor), *Rootzone Limitations in Clay Soils*. Soil Science Society, Riverina Branch, pp. 33-40.
- Sudduth KA, Kitchen NR (1993). Electromagnetic induction sensing of claypan depth. *Winter Meetings of the American Society of Agricultural Engineers*, Paper No. 93-1550. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI.
- Sudduth KA, Kitchen NR, Hughes DF, Drummond ST (1995) Electromagnetic induction sensing as an indicator of productivity on claypan soils. In: Robert PC, Rust RH, Larson WE (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference of Site Specific Management for Agricultural Systems*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 671-681.
- Triantafilis J, Laslett GM, McBratney AB (2000) Calibrating an electromagnetic induction instrument to measure salinity in soil under irrigated cotton. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1009-1017.
- USSL (1954) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. In: *Agriculture Handbook 60*, (Eds. Richards LA) USDA Washington, DC. [Reprinted 1969].

Vitharana UWA, Saey T, Cockx L, Simpson D, Vermeersch H, Van Meirvenne M (2008) Upgrading a 1/20,000 soil map with an apparent electrical conductivity survey. *Geoderma*, 148: 107–112.



Effects of different nitrogen rate applications during sowing to pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) growth, yield, evapotranspiration and water use efficiency

Kabak bitkisi (*Cucurbita pepo* L.) ekiminde uygulanan farklı oranlarda azotun bitki gelişimine, verimine, su tüketimine ve su kullanımına etkisi

Ali ÜNLÜKARA¹, Nihat DUMANLAR¹, Adem GÜNEŞ²

¹Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kayseri, Turkey.

²Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Kayseri, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Nitrogen rates during sowing, Develi pumpkin population, plant growth, water consumption content

✉ Corresponding author: Ali Ünlükara

✉: unlukara@erciyes.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: In this study, effects of different nitrogen applications during sowing to pumpkin growth, yield, evapotranspiration and water use efficiency were investigated under irrigated agriculture in Kayseri province of Middle Anatolian Region of Turkey.

Methods and Results: The study, designed in completely randomized block-plots with 4 replications, was conducted in the experimental area of Erciyes University Agricultural Research and Training Center. Develi pumpkin population (*Cucurbita pepo* L.) was used. The treatments were N₀, N₂₀, N₄₀, N₆₀, N₈₀ and N₁₀₀ that consisted of applications of 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% of pumpkin nitrogen need, respectively. The rest of nitrogen amounts were applied by fertigation in 5 consecutive irrigations and all treatment were received the same amount of nitrogen. Soil moisture of the treatments were monitored by neutron meter. Depleted water from root zone was applied by drip irrigation system. The highest total leaf area was determined in N₁₀₀ while the highest total chlorophyll amounts were determined in N₈₀ and N₁₀₀. Nitrogen applications big than 80% during sowing increased water use efficiency, fruit diameter, fruit yield, seed yield per fruit and seed yield, significantly. Seed yield in N₁₀₀ was found 139.6% higher than seed yield in N₀. The least nitrogen rate during sowing for Develi pumpkin population was offered as 100 kg per ha under controlled irrigation conditions.

Conclusions: Application of whole nitrogen needs to pumpkin at sowing under controlled irrigation conditions positively affected pumpkin seed yield and all growth parameters. At least 80% of pumpkin nitrogen need should be applied at sowing to obtaine higher yield and quality.

Significance and Impact of the Study: If pumpkin irrigations are performed by measuring soil moisture deficit in effective root zone, higher seed yield and quality would be obtained by applying nitrogen need at sowing without dividing several parts.

Atif / Citation: Ünlükara A, Dumanlar N, Güneş A (2019) Effects of different nitrogen rate applications during sowing to pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) growth, yield, evapotranspiration and water use efficiency. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :196-210

GİRİŞ

Çerezlik kabak bitkisi ülkemizde en fazla İç Anadolu Bölgesinde yetiştirilmektedir. İllere göre kabak çekirdeği

üretim alanı ve üretim miktarı bakımından Kayseri 2016 yılında ilk sırada yer almıştır. Kayseri’de 31.3 bin hektar alandan 15 bin ton ürün elde edilmiştir. En fazla çerezlik

kabak üretimi yapan 2. ilimiz Nevşehir olup 2016 yılında 17.3 bin hektar alandan 13.5 bin ton çerezlik kabak üretimi yapılmıştır. Sırasıyla Aksaray' da 4.6 bin hektar alandan 4028 ton, Konya'da 3.06 bin hektar alandan 3928 ton, Eskişehir'de 1.89 bin hektar alandan 1842 ton, Karaman'da ise 545 hektar alandan 669 ton üretim sağlanmıştır (Anonim, 2016).

Çerezlik kabağın meyveleri sebze olarak tüketilirken tohumları da çerezlik olarak tüketilmektedir. Paksoy ve Aydın (2004) vitaminler, protein, yağ, karbonhidrat ve mineral madde bakımından kabak ve kabak çekirdeğinin insan beslenmesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir. Kabak tohumları eczacılıkta çeşitli ilaçlar için E vitamini, yağ ve β -sitosterol gibi üretim materyalleri içermektedir. Ghanbari ve ark. (2007) tarafından Antik çağlardan beri prostat ve idrar sistemi rahatsızlıklarının kabak tohumlarından üretilen ilaçlar ile tedavi edilmeye çalışıldığını belirtmiştir.

Hess ve ark. (1997) yaptıkları çalışmaya göre kabak bitkileri iyi drenajlı, verimli ve organik maddeye sahip topraklarda en iyi şekilde yetişir. Kabak verimi ve verim bileşenleri bitkiye uygulanan su miktarı azaldıkça düşmektedir (Kuslu ve ark., 2013). Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanan alanlarda tarla içi su yönetim uygulamaları bitki verimini en çok etkileyen faktördür (Al-Omran ve ark., 2005). Tohum ekiminden hasada kadar aşırı suya karşı duyarlı olan kabak bitkisi aşırı sudan zarar görebilir. Amer (2011) tarafından kabak bitkisinin ihtiyaç duyduğu su miktarından daha eksik veya daha fazla su uygulamalarının önemli verim kayıplarına yol açtığı belirtilmiştir. Bu nedenle kabak bitkisinin üretimi yapılacağı bölgede su ihtiyacı belirlenmeli ve bitkinin su ihtiyacı sulamalar yoluyla zamanında ve yeteri kadar karşılanmalıdır (Ünlükara, 2014). Orta derecede tuzluluğa toleranslı olan kabak, 4.7 dS.m^{-1} toprak tuzluluk düzeyine kadar verim kaybetmez fakat bu eşik düzeyi aşıldığında her bir birim tuzluluk artışı için %9.7 oranında verim kaybetmektedir. Toprakta %15-20 yıkama gerçekleşmesi durumunda kabak üretiminde 3.1 dS.m^{-1} düzeyine kadar tuzlu sular sorunsuz şekilde kullanılabilir (Ayers ve Westcot, 1989; Ünlükara, 2014). Yağmurlama sulamayla tuzlu su uygulamaları ve karık sulamada karık sirtlarında aşırı tuz birikimine dikkat edilmelidir.

Bitki üretimi karmaşık bir bilimdir. Bitkisel üretim faktörlerinden herhangi birisine yeterli şekilde özen gösterilmemesi, bitki verimini kendi potansiyelinin altına önemli şekilde düşürebilir. Tek başına sulama ve su yönetimi veya diğer üretim faktörlerine daha az özen gösterilerek yeteri kadar gübrelerin kullanılması tatmin edici bitki verimi sağlamayabilir. Bunun yanında tüm üretim faktörlerine yeterince dikkat verildiğinde, bitki

üretiminin artırılmasında sulama ve gübreleme anahtar faktörler olarak öne çıkarlar (Hargreaves ve Merkley, 2004). Tarımsal üretimde en dikkate değer konular arasında sulama ve gübreleme uygulamaları yer almaktadır. Su-gübre ilişkisini en yüksek düzeyde tutarak bitkiden beklenilecek olan verimin en yüksek seviyede alınması hedeflenmektedir. Fertigasyon günümüzde tarımsal üretimde istenilen bu hedefe ulaştıracak metot olarak görülmektedir (Haynes ve Swift, 1987).

Toprağa uygulanacak besin elementlerinin doğada en fazla bulunanı azottur. Delwich'e (1970) göre atmosfer yaklaşık 3.8×10^{15} ton moleküler azot (N) içermektedir. Buna karşılık, toprak azotu evrendeki toplam azotun yalnız küçük bir bölümünü oluşturmakta ve bunun da ancak az bir bölümü bitkilere yararlı olmaktadır (Foth ve Ellis, 1988). Azot eksikliği özellikle bitkinin vejetatif gelişimini olumsuz etkiler. Yaprak ve gövde sistemi zayıf olur, vejetatif gelişme periyodu kısalmış, bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek açar ve erken yaşlanır. Toprakta meydana gelen N immobilizasyonu ve organik N mineralizasyonu, etki bakımından birbirine zıt olaylardır. Bu iki olay sonucu meydana gelen net N serbestlenme oranı bitki beslenmesi açısından önemlidir. Azotun toprak profilinde alt kesimlere doğru taşınması, toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak önemli şekilde değişir. Fazla drene olan hafif bünyeli topraklar, yıkanma ile azot kaybına son derece yatkındır. Fazla yağış koşulları altında toprak profilinde perkolasyon yüksektir. Bu nedenle, yıkanma ile azot kaybı yağışlı iklim bölgelerinde özellikle hafif bünyeli topraklarda ve kimyasal azotlu gübre uygulanan durumlarda daha belirgindir.

Kabak üzerine yapılan çeşitli araştırmalarda farklı azot oranları önerilmiş olup en düşük azot oranı Ng'etic ve ark. (2013) tarafından 120 kg ha^{-1} , Zotorelli ve ark. (2008) tarafından 145 kg ha^{-1} ve Simonne ve Hochmuth (2010) tarafından 168 kg ha^{-1} önerilmiştir. Ayrıca bitki için sulama yönetimi kadar azot uygulaması ve zamanlamasının da kritik olduğu Zotarelli ve ark. (2008) tarafından ifade edilmiştir. Her ikisi de öyle bir şekilde yönetilmelidir ki yeraltı suyuna azot yıkaması yapılmaksızın bitki verimi için yeterli azot sağlanmalıdır. Bitkilerin azottan yararlanma etkinliğini artırmak için azotlu gübreler bölünerek bir kaç seferde uygulanmaktadır. Toprak nem ölçümüne veya bitki su tüketimine dayalı olarak yapılan kontrollü sulamalar ve su uygulama etkinliği yüksek sulama sistemlerinin kullanılmasıyla birlikte kök bölgesi altına sızan su miktarları azalmaktadır. İç Anadolu Bölgesi gibi yarı kurak alanlarda bitki gelişme döneminde genelde hafif ve orta şiddette yağışların olması ve vejetatif gelişimini hızla tamamlayan çerezlik kabak bitkisinde azotlu gübrenin tamamen ekim sırasında uygulanması hem bitki

verimliliğine ve hem de üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayabilir. Türkiye çapında sınırlı sayıda yapılan bazı araştırmalarda çerezlik kabak bitkisi üzerine su stresinin etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır (Çakır, 1996; Yavuz ve ark., 2015; Sekendur, 2017; Ünlükara ve Bakır, 2018; Kirnak ve ark., 2019). Ancak azotun ekimde uygulama oranı ve fertigasyonla uygulanmasının çerezlik kabak bitkisi su tüketimi, su kullanımı ve verimliliği üzerine yapılan herhangi bir çalışma bulunmamıştır. Bu çalışmanın amacı çerezlik kabak bitkisine ekim sırasında uygulanan farklı oranlarda azotun bitki gelişimine, verimine, su tüketimine ve su kullanımına etkisinin belirlenmesi oluşturmaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme Yeri ve Deneme Konuları

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde (Kayseri) kurulan bu deneme, Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde (ERÜTAM) 2016 yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Karasal iklimin hakim olduğu Kayseri'de yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı geçer. Rakıma bağlı olarak farklı yüksekliklere sahip ilçelerinde yer yer iklimde farklılıklar görülür. Uzun yıllar verilerine göre Temmuz ve Ağustos aylarının

ortalama sıcaklıkları sırasıyla 22.8 ve 24.6 °C olup yılın en sıcak aylarıdır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 0.6, -1.7 ve 0.1 °C olup yılın en soğuk aylarını oluşturmaktadır. Kayseri'de uzun yıllar ortalaması şeklinde en yüksek sıcaklık 18.0 °C, en düşük sıcaklık 2.9 °C ve ortalama sıcaklık ise 10.6 °C'dür. Yıllık olarak 389 mm yağış alan ilde yağışlar en fazla Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında sırasıyla 52.1, 51.8 ve 39.5 mm düşmektedir. Bağıl nem ağustosta en düşük %16.9 ve aralıkta en yüksek %97.4 arasında ortalama ise %63.6 düzeylerinde değişmektedir. Rüzgâr hızları ortalama 1.0-1.7 m/s arasında, güneşlenme 3.0-11.9 saat arasında, güneşlenme şiddeti 6.1-22.7 MJ m⁻²gün⁻¹ arasında ve referans evapotranspirasyon ise 24-158 mm ay⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Deneme boyunca sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı, bağıl nem, güneşlenme süresi ve güneşlenme şiddeti verileri, alana yaklaşık 3 km uzaklıktaki Meteoroloji 7. Bölge (Kayseri) Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Uzun yıllara ilişkin veriler ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi aracılığıyla elde edilmiştir. Gelişme dönemine ilişkin (2016) veriler ve referans evapotranspirasyon Çizelge 1'de verilmiştir (MGM, 2017; Ünlükara ve Bakır, 2018).

Çizelge 1. Kayseri'de 2016 yılı ortalama meteorolojik veriler ve referans evapotranspirasyon

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
T _{min} (°C)	-6.0	-1.3	0.5	4.7	8.3	12.1	13.4	15.3	8.2	3.6	-2.6	-5.6
T _{mak} (°C)	3.6	11.8	14.8	21.9	22.2	28.0	31.3	33.4	25.6	21.6	14.7	3.4
T _{ort} (°C)	-1.6	4.4	7.3	13.5	14.7	20.2	22.8	24.6	16.8	12.2	4.9	-1.2
RH _{min} (%)	33.0	20.0	10.0	8.0	14.0	17.0	4.0	9.0	11.0	11.0	11.0	32.0
RH _{mak} (%)	98.0	98.0	96.0	97.0	98.0	98.0	96.0	88.0	99.0	97.0	97.0	97.0
RH _{ort} (%)	78.2	74.1	56.1	46.5	64.8	56.1	45.9	43.2	51.9	52.0	53.0	73.5
Rüz. H (m.s ⁻¹)	1.2	1.0	1.9	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.1	0.9	0.9	1.5
Yağış (mm)	77.0	65.0	23.2	10.3	129.2	30.3	10.4	0.0	21.0	4.2	3.5	36.1
GŞ	7.0	11.2	15.7	22.0	21.9	26.4	28.8	26.0	19.5	15.8	11.3	6.7
GS (saat)	2.0	4.4	5.5	7.8	6.8	10.4	11.6	11.6	9.0	7.1	5.9	2.1
ET _o (mm.ay ⁻¹)	20	35	77	111	123	150	174	168	107	70	39	24
ET _o (mm.gün ⁻¹)	0.7	1.2	2.5	3.7	4.0	5.0	5.6	5.4	3.5	2.3	1.3	0.8

*U₂: 2 m Yük. Rüzgâr Hızı, RH: Bağıl Nem, GS: Güneşlenme Süresi, GŞ: Güneşlenme Şiddeti (MJ m⁻².gün⁻¹), ET_o: Referans Evapotranspirasyon.

Araştırma alanı 38° 43' 8" kuzey enlemlerinde, 35° 32' 44" doğu boylamlarında yer almakta olup denizden ortalama yüksekliği 1084 m'dir. Toprağın yüzey katmanı tınlı olup aşağı katmanlara doğru killi tınlı ve tınlı yapıya sahiptir (Çizelge 2). Deneme alanı saturasyon çamuru ekstraktı elektriksel iletkenliği 0.94 dS.m⁻¹ ve toprak reaksiyonu pH= 7.61 düzeyinde hafif alkali karakterdedir. Etkili kök derinliği olarak alınan 60 cm toprak derinliği için

toplam kullanılabilir su tutma kapasitesi 99.8 mm kadardır. Toprak organik maddece fakirdir. Toprağın kireç içeriği %2.54-6.2 arasında değişmiştir. Aynı deneme alanında toprağın nihai infiltrasyon hızı 23.3 mm saat⁻¹ olarak belirlenmiştir (Kirnak ve ark., 2019).

Araştırmada Develi ve Tomarza ilçelerinde yaygın olarak yetiştirilen "çerçeveli" olarak nitelendirilen çerezlik kabak popülasyonu (*Cucurbita pepo* L.) kullanılmıştır.

Denemede ekimle birlikte tabana 6 farklı oranda azot uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla N₁₀₀, N₈₀, N₆₀, N₄₀, N₂₀ ve N₀ konuları olup bitkinin azot ihtiyacının sırasıyla %100'ü, %80'i, %60'ı, %40'ı, %20'si ve %0'ı ekim sırasında toprağa uygulanmıştır. Geri kalan azot miktarları ise 5 sulamaya eşit şekilde paylaştırılarak fertigasyon tekniğiyle bitkiye verilmiştir. Buna göre N₁₀₀ konusuna azotun tamamı verildiği için hasada kadar sulamayla birlikte hiç azot uygulanmamış ancak NO konusuna ise ekimde hiç azot verilmediği için azotun tamamı fertigasyonla uygulanmıştır. İlk sulama tarihi olan 15 Haziran 2016 tarihinden itibaren sırasıyla 22 Haziran, 29 Haziran, 9 Temmuz ve 15 Temmuz tarihlerinden eksik kalan azot miktarları fertigasyonla uygulanmıştır. İlk sulamada üre sonra amonyum nitrat olacak şekilde her iki azotlu gübre dönüşümlü şekilde verilmiştir. Toprak nemi dikkate alınarak hesaplanan sulama süresinin son yarım saatinde gerekli gübre miktarları gübre tankı vasıtasıyla suda

eritilerek sisteme enjekte edilmiştir. Bu şekilde sulama sonunda gübre uygulamasıyla azotun bitki üst kök bölgesinde yıkanmadan depolanması amaçlanmıştır. Deneme tesadüf bloklarında tesadüf parseller deneme desenine göre planlanmış olup her bir konu 4 kez tekrarlanmıştır. Buna göre 6 konu ve 4 tekrar için 24 parselde araştırma yürütülmüştür. Boyutları 5x6 m olan parsellerde sıra arası 1 m olacak şekilde 5 sıra bitki ve her sırada 0.6 m arayla 10 bitki yer almıştır. Çerezlik kabak için azot, fosfor ve potasyum ihtiyacı hektara 120'şer kg olarak alınmıştır. Deneme alanındaki toprakların potasyum düzeyinin yeterli olması nedeniyle normal süper fosfat gübresi kullanılarak hektara 120 kg P₂O₅ uygulanmıştır. Ekim esnasında amonyum nitrat gübresi ve normal süper fosfat gübresi bitki ekim sıralarına 30-40 cm şerit üzerine atıldıktan sonra motorlu çapa makinası ile toprağa karıştırılmıştır.

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri

Toprak Derinlikleri (cm)	Bünye	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi (% v v ⁻¹)	Solma Noktası (% v v ⁻¹)	TKN (mm)	Organik Madde (%)	Kireç (%)
0-20	Tınlı	1.30	30.00	13.80	32.40	1.25	2.54
20-40	Tınlı	1.28	30.00	14.70	30.60	1.05	5.83
40-60	Tınlı	1.21	32.00	13.60	36.80	0.80	4.50
60-80	Killi-tınlı	1.24	32.00	11.50	41.00	0.70	3.15
80-100	Tınlı	1.32	32.00	12.00	40.00	0.73	6.20

*TKN: Toplam Kullanılabilir Nem

Sulama Sistemi, Toprak Nem Ölçümü, Sulama ve Bitki Su Tüketimi

Çalışmada çerezlik kabak bitkileri damla sulama sistemiyle sulanmıştır. Her bitki sırasına yerleştirilen 16 mm çapında lateral hatlar 2.3 L.saat⁻¹ debiye ve 30 cm arayla yerleştirilmiş damlatıcılara sahiptir. Parsel girişlerinde bulunan küresel vanalar ve manometreler yardımıyla manifold giriş basınçları ayarlanmış ve sisteme sabit 1 bar basınç altında su uygulanmıştır. Hemen deneme alanındaki derin kuyudan çekilen sulama suyu yeraltı boru ağı üzerindeki hidrantlardan alılabilmektedir. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği 0.24 dS m⁻¹, Sodyum Adsorpsiyon Oranı SAR= 2.86 ve reaksiyonu pH= 7.6 düzeyindedir (Kırnak ve ark., 2019). Deneme parseli yakınındaki hidranttan alınan su, hidrosiklon, disk filtre ve manometrelerden ibaret kontrol ünitesinden geçirildikten sonra sabit bir basınçla sulama sistemine verilmiştir.

Toprak nemi ekimden hasada kadar 503 DR Hydroprobe marka nötron metre ile takip edilmiştir. Bu amaçla, her parselde 5 cm çapında ve 120 cm boyunda PVC akses boruları çakılmıştır. Akses boruları, konum olarak her bir

parselde ortada kalan sıralar üzerinde bitkiden yaklaşık 20 cm uzaktadır. Nötronmetre kalibrasyonunda ve ölçümünde Evett (2007) tarafından önerilen yöntemler izlenmiştir. Buna göre Pv= 29xSO – 8.3 kalibrasyon eşitliği ile akses borularında 20, 40, 60, 80 ve 100 cm derinliklerden alınan sayım oranları (SO) hacimsel toprak nemine dönüştürülmüştür. Nem ölçümleri meyve olgunlaşma dönemine kadar haftada 1 kez yapılmıştır. Sulamalarda parselde uygulanacak su miktarının hesaplanmasında Eş. 1 kullanılmıştır:

$$I = \frac{Pv_{tk} - Pv_i}{100} \times D \times A \times P \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte I her bir parselde uygulanacak sulama suyu miktarı (Litre), Pv_{tk} toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (%), Pv_i toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği (%), D bitki etkili kök derinliği (mm), A parsel alanı (m²) ve P damla sulama altında ıslatılan alan yüzdesidir. ıslatılan alan yüzdesi toprak yüzeyinden 20-30 cm altta en geniş ıslak alan çapının bitki sıra arasına oranlanmasıyla yaklaşık 0.6 olarak saptanmıştır (Keller ve Bliesner, 1990). Etkili kök derinliği deneme başında 0.4 m

alınmış ve bitki gelişimine paralel artırılarak 0.6 m'ye kadar çıkarılmıştır.

Sabit 1 bar basınç altında damlatıcılardan çıkan su debisi belirlenmiş ve 1 parseldeki damlatıcı sayısı ile çarpılarak parsel debisi saptanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı parsel debisine bölünerek her bir parselin sulama süresi hesaplanmıştır.

Toprak su bütçesi yöntemine göre konuların su tüketimi Eş. 2 ile hesaplanmıştır (James, 1988):

$$ET = I + P \pm \Delta S - dp \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlikte; ET bitki su tüketimi (mm), I konulara göre parsellere uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P etkili yağış (mm), ΔS deneme başı ve sonu toprak depo nem farkı (mm) ve dp ise derine sızmayla su kaybıdır (mm). Derine sızan su miktarı, kök bölgesi altında bulunan 60-100 cm toprak katmanındaki nem değişimleri her hafta nötronmetre ölçümleri ile izlenerek tahmin edilmiştir. Bu katmanda deneme başına göre nem artışı derine sızma olarak kabul edilmiştir. Bitki köklerinin yer aldığı ancak etkili kök derinliği dışında bırakılan bu katmandaki nem azalması ise bitki su tüketimine eklenmiştir. Deneme alanına düşen yağış ve diğer hava elemanları Erciyes Üniversitesi Araştırma Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde bulunan meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. tüketilen her bir m³ su için elde edilen ürün, su kullanım etkinliği (WUE) şeklinde Eş. 3 ile belirlenmiştir (Howell ve ark. 1992).

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlikte, Y tohum verimi (kg), ET bitki su tüketimini (m³) göstermektedir. Buna benzer bir eşitlik kullanılarak sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) hesaplanmıştır. Bu eşitlikte ET yerine uygulanan sulama suyu (I) yazılmıştır. Ekim sırasında farklı azot uygulama oranlarının bitki gelişimine etkisini saptamak için bitki gelişme dönemi başlarında ve tam kanopi gelişme döneminde 6 ve 27 Haziran 2016 tarihlerinde 2 kez yaprak alanı (YA) ölçülmüştür. Orta sıralarda yer alan 3 bitkide bulunan tüm yaprakların eni (YE) cetvel ile yaprağa zarar verilmenden ölçülmüştür. Cebeci ve ark. (2017) tarafından Develi popülasyonu için önerilen $YA = 0.6397 \times YE^2 - 1.6551 \times YE + 19.467$ eşitliği kullanılarak yaprak alanları hesaplanmıştır. 3 bitkide yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak konuların toplam yaprak alanı saptanmıştır.

23-24 Ağustos 2016 tarihinde hasat yapılmış ve konuların meyve verimine, bitki meyve verimine, meyve boyutlarına, meyve tohum verimine ve tohum kalitesine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Her parselde

bulunan 5 bitki sırasından 1. ve 5. sıralar ile her sırada ilk baş ve sondaki bitkiler kenar tesir olarak dikkate alınmıştır. Kenar tesirler dışında ortada kalan 3 bitki sırasında toplamda 24 bitkide hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Tartımı yapılan meyveler ortadan ikiye ayrılarak meyve çapı ölçülmüş ve sonrasında içindeki tohumlar el yardımıyla çıkarılarak yaş tohum ağırlığı belirlenmiştir. Yaş tohumlar açık havada brandalar üzerinde serilerek iyice kurutulduktan sonra belirlenen tohum ağırlığı brüt tohum ağırlığı olarak dikkate alınmıştır. Brüt tohum içerisinden boş ve yarı boş tohumlar ayıklanarak net tohum ağırlığı belirlenmiştir. Tohumlardan 4' er kez 250 tohum sayımı yapılmış ve bunların ağırlıklarının toplanmasıyla bin tane ağırlığı elde edilmiştir.

Deneme sonunda 0-90 cm toprak derinliğinden örnekler alınarak azot içeriği belirlenmiştir. Hasattan öncesi bitkiler henüz sararmadan alınan yaprak örneklerinde, hasatta alınan meyve ve tohum örneklerinde azot içeriği saptanmıştır. Bitki materyalinde azot içeriğinin belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca denemede spad metre ile 14 Haziran, 28 Haziran ve 28 Temmuz 2016 tarihlerinde her tekerrürden orta sıralarda yer alan 3 bitkide ve her bitkide 3 yaprakтан ölçüm alınmıştır.

Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır. İstatistik analizlerin yapılmasında SSPS 13.0 paket programı kullanılmıştır. Sulama, bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği, verim ve verim parametrelerinin hesaplanması ve grafiklerin çizilmesinde Excel 2016 programından yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama, Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanma Etkinliği

Denemede bitki su tüketimi konulara göre 469.7-526.4 mm arasında değişmiş olup denemede ortalaması 501.7 mm saptanmıştır (Çizelge 3). Bitki su tüketimindeki bu değişim üzerine başlangıçta azot uygulama oranlarının etkisi p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. N₁₀₀ konusundan 526.4 mm düzeyinde su tüketimi gerçekleşmiş olup en fazla su tüketimi bu konuda meydana gelmiştir. N₂₀ ve N₀ konularından sırasıyla 481.7 ve 469.7 mm su tüketimi gerçekleşmiş olup en az su tüketiminin bu konularda olduğu saptanmıştır. Ekimde azot uygulama dozlarına göre N₈₀, N₆₀ ve N₄₀ konularından sırasıyla 523.6, 491.8 ve 521.2 mm su tüketimi meydana gelmiştir (Çizelge 3). Toplamda parsellere uygulanan azot miktarı aynı olmasına karşın genel olarak ekimde uygulanan azot dozu oranı bitki su tüketimini etkilemiş ve ekim sırasında düşük azot

uygulanan konularda su tüketimi önemli şekilde azalmıştır.

Ortalama olarak 332.1 mm sulama suyu uygulanan denemede en az sulama suyu miktarı N₂₀ konusuna 306.8 mm ve en fazla N₁₀₀ konusuna 359.1 mm verilmiştir (Çizelge 3). Uygulanan sulama suyu açısından denemede iki ayrı Duncan grubu oluşmuştur. En az su uygulanan grupta N₀ ve N₂₀ konusu ve en fazla su uygulanan grupta ise N₄₀, N₆₀, N₈₀ ve N₁₀₀ konuları yer almıştır.

Uygulanan 1 m³ sulama suyu için en fazla tohum verimi (IWUE) N₁₀₀ ve N₈₀ konularından elde edilirken en az N₀ konusundan elde edilmiştir (Çizelge 3). N₂₀ konusu dışında ekim sırasında daha az oranda azot uygulamasıyla birlikte sulama suyu kullanma etkinliği azalmıştır. Bitki azot ihticinin %80'den daha yüksek oranda uygulanmasıyla bitkinin sulama suyu kullanım etkinliği artmıştır. Dolayısıyla birim sulama suyu maliyetine karşılık karlılık artırmaktadır.

Sulama suyu kullanma etkinliğine benzer şekilde su kullanma etkinliği de en yüksek oranda N₈₀ ve N₁₀₀ konularından elde edilirken en az su kullanma etkinliği N₀ konusunda elde edilmiştir. Su kullanma etkinliği (WUE) toprakta sezon öncesi depolanan su, sezon esnasında yağmurla gelen su ve sulama suyunun tamamını içine almaktadır. N₁₀₀ konusunda bitki tarafından tüketilen 1 m³ suya karşılık olarak 0.26 kg kabak tohumu üretilmiştir. N₀ konusuna göre su kullanma etkinliği N₂₀, N₄₀, N₆₀, N₈₀ ve N₁₀₀ konularında sırasıyla %62, %31, %86, %99 ve %119 oranında daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara göre suyu ve azotu olabildiğince bitki üst kök bölgesinde tutan kontrollü sulamalar altında kabak bitkisi azot ihtiyacının %80'den daha fazlasının ekimde tabana uygulanmasıyla hem bitki verimliliği artmış hem de su kullanım etkinliği artmıştır.

Çizelge 3. Ekimde farklı azot uygulama konularına göre bitki su tüketimi ve bileşenleri

Konu	R _e (mm)	I (mm)	ΔS (mm)	ET _c (mm)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
N ₀	141.5	312.1 b	28.1	481.7 bc	0.18 c	0.12 c
N ₂₀	141.5	306.8 b	21.5	469.7 c	0.30 abc	0.19 abc
N ₄₀	141.5	344.7 a	34.9	521.2 ab	0.23 bc	0.16 bc
N ₆₀	141.5	327.5 ab	22.8	491.8 abc	0.33 ab	0.22 ab
N ₈₀	141.5	346.0 a	35.2	523.6 ab	0.36 a	0.24 a
N ₁₀₀	141.5	359.1 a	25.9	526.4 a	0.38 a	0.26 a
Ort.	141.5	332.1	28.1	501.7	0.29	0.20

* R_e: Etkili yağış, I: Sulama suyu miktarı, ΔS: Toprak depo nem farkı, ET_c: Bitki su tüketimi, IWUE: Sulama suyu kullanım etkinliği ve WUE: Su kullanım etkinliği

Kirnak ve ark. (2019) tarafından Kayseri'de yapılan çalışmada Develi popülasyonu çerezlik kabağa farklı sulama uygulamaları yapılmış ve bitki su tüketimi sulama yapılmayan konuda 293 mm ile tam sulama yapılan konuda 474 mm saptanmıştır. Konya'da ürgüp sivrisi çerezlik kabak popülasyonları farklı sulama aralığı ve farklı sulama oranlarında sulanmıştır. Farklı sulama aralığı ve sulamalar için denemenin 1. yılında bitki su tüketimi 194.2-660.2 mm arasında ve denemenin 2. yılında 208.6-629.6 mm arasında değişmiştir. Yine Konya'da yapılan bir çalışmada çerezlik kabağa farklı oranlarda sulama suyu uygulanmış ve denemenin 1. yılında bitki su tüketimi sulanmayan konuda 194.2 mm ile tam sulanan konuda 625.2 mm ve denemenin 2. yılında ise 208.6 mm ile 556.6 mm arasında değişmiştir (Seymen ve ark., 2016). Develi popülasyonu çerezlik kabağın farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su stresine bağlı olarak bitki su tüketiminin ve veriminin önemli oranda değiştiğinin belirlendiği bir çalışmada bitki su tüketimi 338 mm ile 511 mm arasında değişim göstermiştir (Sekendur, 2017). Amer (2011) tarafından

Mısır'da ilkbahar döneminde kabak bitki su tüketiminin damla sulama ile 304 mm ve karık sulama ile 344 mm olduğu belirlenmiştir. Karık sulama ile Van'da yapılan bir başka çalışmada kabak bitki su tüketiminin 336 mm ile 539 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Ertek ve ark., 2004). FAO 56 Penman-Monteith yöntemine göre Kayseri'de kabağın 430 mm su tüketeceği tahmin edilmiştir (Ünlükara, 2014). Kuru tarım koşullarında çerezlik kabak bitkisi ekim normunu belirlemek amacıyla Kayseri'nin Develi ilçesinde yapılan bir çalışmada bitki su tüketimi 107 mm saptanmıştır (Ünlükara ve ark., 2016).

Bitki ve Toprak Azot Oranı

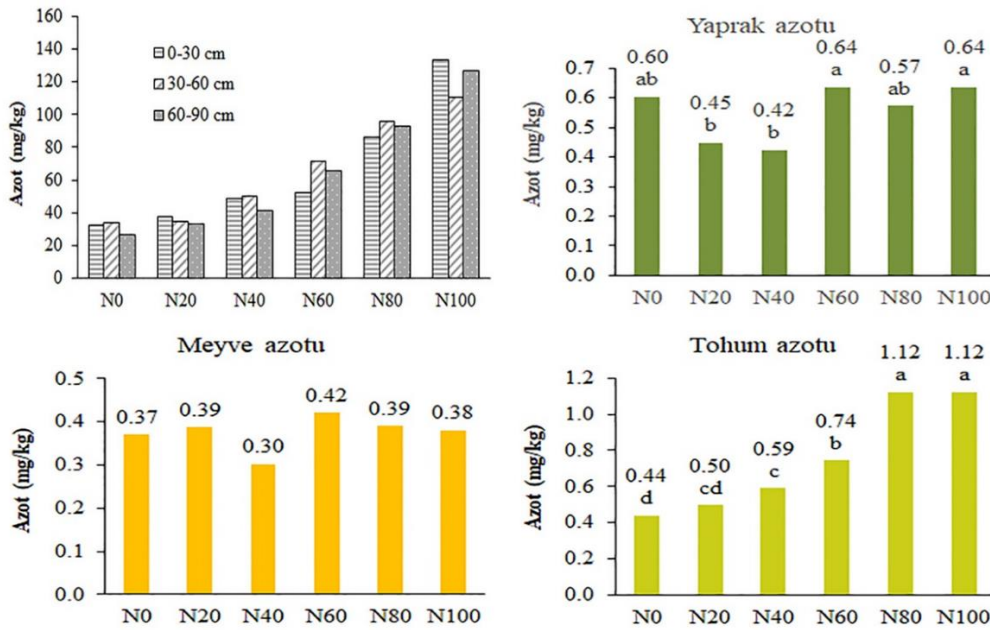
Yüzey toprak katmanında (0-30 cm) hasat öncesi en yüksek azot oranı N₁₀₀ ve sonra N₈₀ konularında ve en düşük azot oranı ise diğer konularda belirlenmiştir. Bitki etkili kök bölgesinin alt yarısında 30-60 cm toprak katmanında en yüksek azot oranı N₈₀ ve N₁₀₀ konularında ve en düşük azot oranı N₀, N₂₀ ve N₄₀ konularında saptanmıştır (Şekil 1). Etkili kök bölgesi altında kalan 60-90 cm toprak tabakasında ise en yüksek azot oranı N₁₀₀

konusunda gözlenmekte olup ekimde uygulanan azot oranına paralel olarak bu katmanda azot oranının giderek azaldığı görülmektedir. N₀ konusuna da toplamda 120 kg ha⁻¹ azot uygulanmış ve bu uygulama tamamen fertigasyonla gerçekleştirilmiştir. Toprak nemi dikkate alınarak hesaplanan sulama süresinin son yarım saatinde gerekli gübre miktarları gübre tankı vasıtasıyla suda eritilerek sisteme enjekte edilmiştir. Bu şekilde sulama sonunda gübre uygulamasıyla azotun bitki üst kök bölgesinde yıkanmadan depolanması amaçlanmıştır. N₀, N₂₀ ve N₄₀ konularına büyük oranda sulama suyu ile azot uygulanmasına karşın 60-90 cm toprak tabakasındaki azot oranı N₈₀ ve N₁₀₀ konularından çok daha düşük olmasından dolayı bu katmandaki azot artışının sulamalardan kaynaklanmadığı sonucu çıkarılabilir. Ancak toprak nemi ve tarla kapasitesi nem düzeyi dikkate alındığında deneme başında Mayıs ayındaki yağışların derine sızmaya neden olduğu hesaplamalarla görülmüş ve üst kök bölgesindeki azotun bu şekilde alt toprak katmanlarına indiği sonucuna varılmıştır.

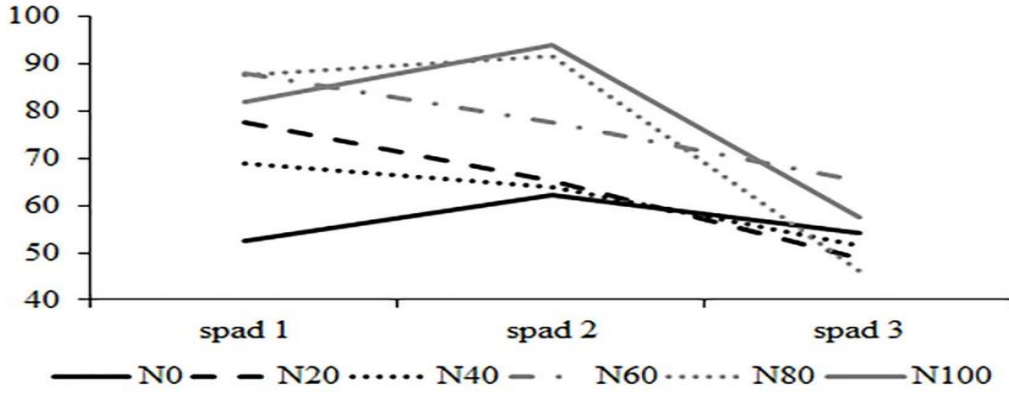
Şekil 1'de bitki yapraklarında, meyvesinde ve tohumlarında saptanan azot oranlarının konulara göre değişimi verilmiştir. Yapraklarda ortalama 0.54 mg kg⁻¹ olarak belirlenen azot oranı en yüksek N₁₀₀ ve N₆₀ konularından sonra N₈₀ ve N₀ konularında ve en düşük N₂₀ ve N₄₀ konularında saptanmıştır. Ekimde azot uygulama oranlarından farklı bir yaprak azot oranı ortaya çıkmıştır. Meyvelerde ortalama 0.37 mg kg⁻¹ olarak

saptanan azot oranının konulara göre değişimi önemli bulunmamıştır. Kabak çekirdeği tohumlarında 0.44-1.12 mg kg⁻¹ arasında azot oranı önemli şekilde değişim göstermiştir. En yüksek azot oranı N₁₀₀ ve N₈₀ konularında saptanmış olup ekim sırasında uygulanan azot oranına paralel şekilde tohum azot oranı azalmış ve en düşük N₀ konusunda 0.44 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Mohammad (2004) yazlık kabak üzerine yapmış olduğu çalışmada çiçeklenme başında, meyve dönemi ortasında ve meyve dönemi sonunda sürgünlerde azot içeriğini saptamıştır. İki dönem yapmış olduğu bu çalışmada meyve dönemi sonunda azotun meyvelere doğru yönelmesi sonucunda sürgünlerdeki azotun azaldığını belirtmiştir.

Şekil 2'de deneme süresince çeşitli dönemlerde spad okumaları alınmış ve konulara göre değişimi gösterilmiştir. N₁₀₀, N₈₀ ve N₆₀ konularında 14.06.2016 tarihinde toplam klorofil miktarı yaklaşık benzer düzeylerde olup N₀, N₂₀ ve N₄₀ konularından daha yüksek görülmektedir. N₁₀₀ ve N₈₀ konularında 28.06.2016 tarihine kadar toplam klorofil miktarı belirgin bir şekilde artış göstermiş ve sonrasında hasada doğru giderek azalmıştır. Sulamalarla birlikte ekimde verilmeyen azot verilmesine karşılık N₆₀, N₄₀ ve N₂₀ konularında başlangıçta belirlenen klorofil miktarı hasada doğru düşük bir eğimde sürekli şekilde azalmıştır. N₀ konusunda ise fertigasyonla azot uygulamasının etkisiyle 28.06.2016 tarihine doğru bir artış olmuş ve sonrasında hasada doğru azalmıştır.



Şekil 1. Hasatta toprak, yaprak, meyve ve tohumlarda konulara göre azot oranı değişimi

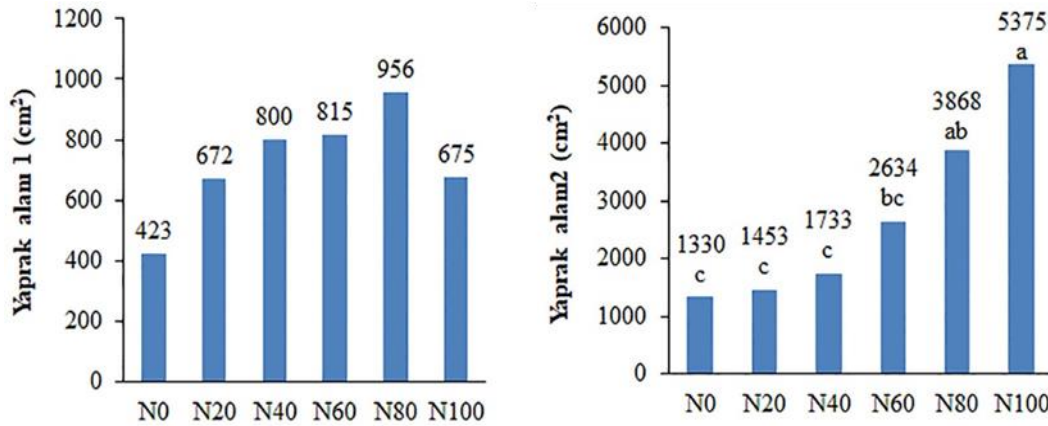


Şekil 2. Ekim sırasında farklı azot uygulama oranları konularında farklı tarihlerde spad okumalarının gelişme dönemi boyunca değişimi (Spad 1: 14.06.2016; Spad 2: 28.06.2016; Spad 3: 28.07.2016)

Tohum Ekimi Sırasında Farklı Azot Uygulamalarının Yaprak Alanına Etkisi

6 ve 27 Haziran 2016 tarihlerinde iki kez bitki yaprak alanı ölçülmüştür. Her bir kabak bitkisine 0.6 m² alan düşmekte olup bitki başına yaprak alanlarının değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Ekimden yaklaşık olarak 37 gün sonra saptanan ilk yaprak alanı değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Şekil 3'den de görüldüğü üzere N0 konusunda 423 cm² olan toplam yaprak alanı N80 konusunda 956 cm² değerine ulaşmış ve tüm konular için ortalama 725 cm² saptanmıştır. İlk yaprak ölçümünden yalnızca 21 gün sonra 27 Haziran 2016 tarihinde yapılan yaprak ölçüm sonuçlarına göre ortalama yaprak alanı 2738 cm² değerine ulaşmıştır. Her iki ölçüm arasında bu dönemde bitki hızlı bir gelişme sergilemiş ve toplam yaprak alanı 3.78 kat artmıştır. 1.ölçüm tarihine göre

2.ölçüm tarihinde N₁₀₀, N₈₀, N₆₀, N₄₀, N₂₀ ve N₀ konularında toplam yaprak alanı sırasıyla 3.1, 2.2, 2.2, 3.2, 4.0 ve 8.0 kat daha fazla artmıştır. N₁₀₀ konusunda yaprak alanı çok açık bir farkla artış göstermiştir (Şekil 3). 2.ölçümde ekim sırasında azot uygulama konularına göre yaprak alanında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. En yüksek toplam yaprak alanı N₁₀₀ konusunda 5375 cm² olarak saptanırken ekim sırasında azot uygulamalarına paralel olarak toplam yaprak alanında düşüş meydana gelmiş en düşük yaprak alanı N0 konusunda 1330 cm² olarak saptanmıştır. Ancak N₀, N₂₀ ve N₄₀ konuları toplam yaprak alanı açısından aynı istatistik grupta yer almıştır. N₈₀ ve N₆₀ konuları toplam yaprak alanı açısından sırasıyla 2. ve 3. sırada yer almıştır. N₀ konusuna göre N₁₀₀, N₈₀ ve N₆₀ konularında sırasıyla %304, %191 ve %98 oranında toplam yaprak alanı daha yüksek bulunmuştur.

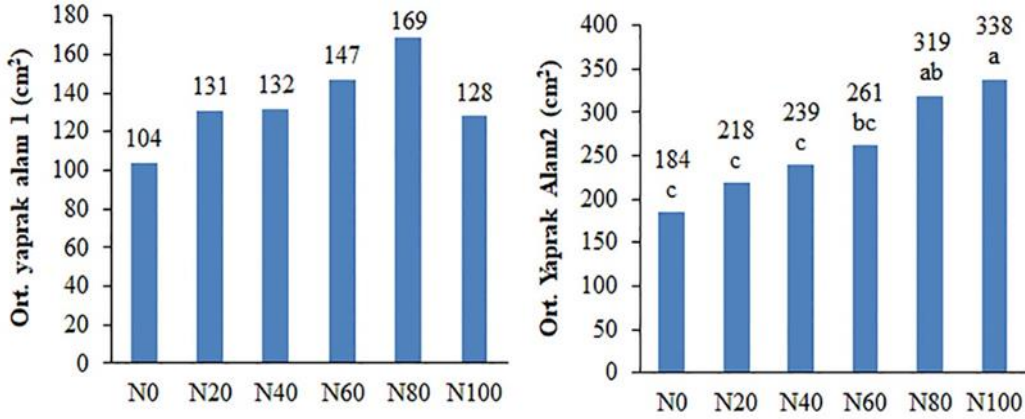


Şekil 3. Ekim sırasında farklı azot uygulamalarına göre 8 ve 27 Haziran 2016 tarihlerinde ölçülen yaprak alanlarına etkisi

Rouphael ve Colla (2005) yılında hidrofonic sistemde yüzey damla ve yüzey altı damla sulama sistemleriyle ilkbahar-yaz ve yaz-sonbahar dönemlerinde sakız kabağı yetiştirmiştir. Bu çalışmada ilkbahar-yaz döneminde damla sulama ve yüzey altı damla sulama için

bitki başına yaprak alanı sırasıyla 22200 ve 16300 cm² elde edilirken yaz-sonbahar döneminde 11900 ve 10000 cm² yaprak alanı elde edilmiştir. Bu değerler yapmış olduğumuz bu çalışmadaki değerlerin çok üzerindedir. Hidrofonic sistemin ve kullanılan kabak çeşitlerindeki

farklılık nedeniyle yaprak alanında önemli farklılıklar göstermiştir. Cebeci ve ark. (2017) tarafından yarı kurak şartlarda 2012, 2013 ve 2015 yıllarında bitki başına çerezlik kabak yaprak alanı geleneksel kuru tarım konusunda sırasıyla 1739 cm², 1512 cm² ve 3331 cm² belirlenmiş olup su hasadı konularında sırasıyla 2670-3559 cm², 1885-2556 cm² ve 3381- 4636 cm² arasında değiştiği belirtilmiştir.



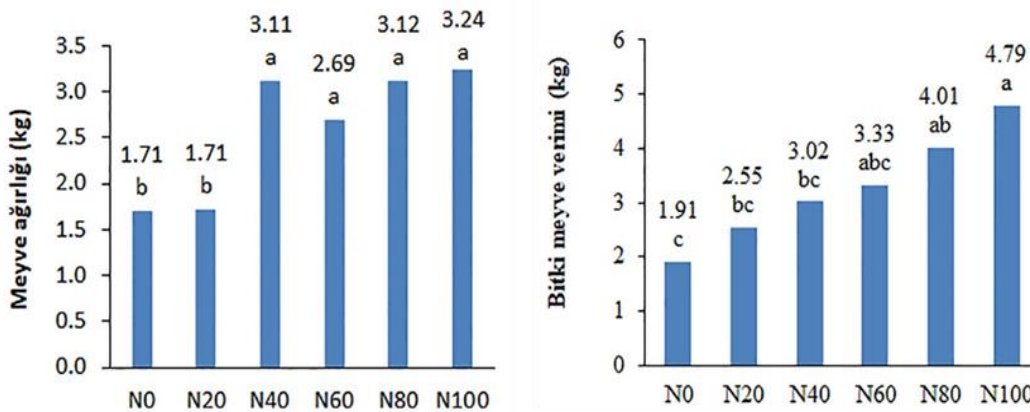
Şekil 4. Ekim sırasında farklı azot uygulamalarına göre 8 ve 27 Haziran 2016 tarihlerinde ortalama yaprak alanı

Ekimde Farklı Azot Uygulamalarının Meyveye Etkisi

Denemede hasat edilen meyvelerin ortalama ağırlığı 2.60 kg olarak belirlenmiş olup meyve ağırlıkları 1.03-3.56 kg arasında değişim göstermiştir. Tohum ekiminde tabana uygulanan bitki azot oranlarına göre ortalama meyve ağırlığı önemli derecede ($p < 0.01$) değişmiştir. N₀, N₂₀, N₄₀, N₆₀, N₈₀ ve N₁₀₀ konularında ortalama meyve ağırlığı sırasıyla 1.71 kg, 1.71 kg, 3.11 kg, 2.69 kg, 3.12 kg, 3.24 kg saptanmıştır (Şekil 5). En dolgun ve ağır meyveler tohum ekimi sırasında bitki azot ihtiyacının %40 ve daha fazlası uygulanan konulardan elde edilmiş ve bu konular için meyve ağırlığı ortalama %78 artmıştır. N₀ konusuna göre ortalama meyve ağırlığında N₄₀, N₆₀, N₈₀ ve N₁₀₀

konuları için sırasıyla %82.4, %57.6, %82.8 ve %90 artış sağlanmıştır.

Çerezlik kabak meyve ağırlığının çeşit ve genotiplere göre değiştiği çeşitli araştırmalar ile belirlenmiştir. Örneğin çeşitli kabuksuz çekirdekli kabak hatlarıyla Adana'da yürütülen bir çalışmada ortalama meyve ağırlığının 1.09-2.24 kg arasında (Yegül ve ark., 2012) ve Erzurum'da 9 farklı kabak genotipi meyve ağırlığının 2.04-5.45 kg arasında değiştiği belirtilmiştir (Turgut, 2015). Develi popülasyonu ile Develi'de kuru tarım şartlarında yürütülen bir çalışmada meyve ağırlığının sıra arası mesafeden etkilendiği ifade edilmiş ve ortalama meyve ağırlığı 1.89 kg belirlenmiştir (Ünlükara ve ark., 2016).



Şekil 5. Tohum ekiminde tabana farklı azot uygulama oranlarının meyve ağırlığına ve bitki meyve verimine etkisi

Develi'de iki ayrı lokasyonda kuru tarım koşullarında sırtkarık mikro havza su hasadı etkinliğini incelemek için yapılan bir çalışmada Develi popülasyonu için 2015 yılında meyve ağırlığının 1.5-3.7 kg arasında değiştiği rapor edilmiştir (Cebeci ve ark., 2017). Birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilen Develi popülasyonu çerezlik kabağın meyve ağırlığı gelişme dönemlerinden önemli derecede etkilenmediği ve meyve ağırlığının 2.5-3.70 kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Bakır, 2017). Ürgüp sivrisi genotipinde meyve ağırlığı hem artan sulama aralığı ile birlikte hem de artan su stresiyle birlikte azalmıştır (Seymen ve ark., 2016). En düşük meyve ağırlığına çiçeklenme dönemi su stresinin neden olduğu saptanan bir başka çalışmada Develi popülasyonu için meyve ağırlığının farklı dönemlerde yaşanan su stresine göre 1.5-3.2 kg arasında değiştiği ifade edilmiştir.

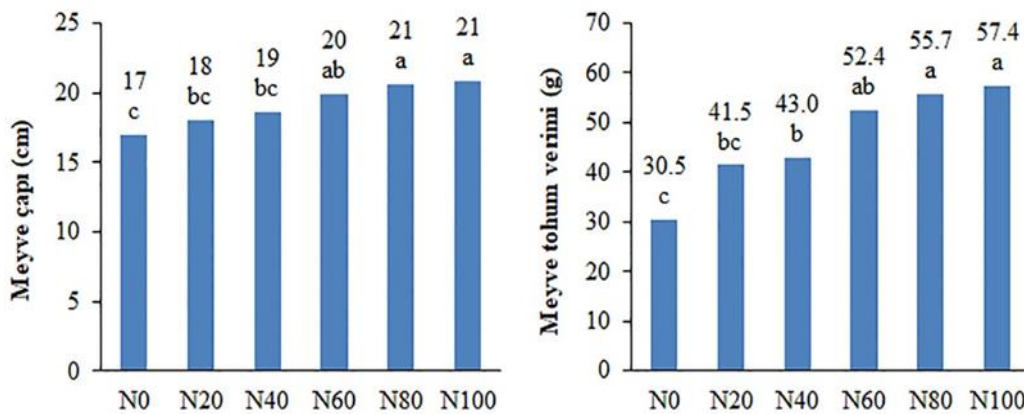
Bitki başına meyve verimi 1.16-5.54 kg arasında değişmiş ve her bir bitkiden 3.22 kg meyve elde edilmiştir. Meyve verimindeki değişim üzerine tohum ekimi sırasında uygulanan farklı azot oranlarının etkisi önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Çalışmada bitki başına en yüksek meyve verimi N_{100} konusundan 4.79 kg elde edilirken en düşük N_0 konusundan 1.91 kg elde edilmiştir. N_{80} , N_{60} , N_{40} ve N_{20} konularında ise sırasıyla 4.01 kg, 3.33 kg, 3.02 kg ve 2.55 kg meyve verimi alınmıştır. N_0 konusuna göre N_{20} , N_{40} , N_{60} , N_{80} ve N_{100} konularından alınan bitki meyve veriminde sırasıyla %34, %58, %74, %110 ve %151 oranında artışlar saptanmıştır. Tohum ekimi sırasında bitki azot ihtiyacının %80 ve üzerinde karşılanması, bitki meyve verimini en az 2 kat artırmıştır.

Warid ve ark. (1993) tarafından yapılan bir çalışmada ortalama 4.64 kg meyve alındığı ve bitki meyve veriminin 0.47-12.67 kg arasında değiştiği belirtilmiştir. Toprak nem tansiyonu 40 cbar ve 60 cbar değerlerinde yapılan sulamaların bitki meyve verimini etkilemediği belirtilen bir başka çalışmada meyve veriminin birinci ve ikinci

ürün olarak yetiştirilmesi durumunda 2.4-4.5 kg arasında önemli şekilde değiştiği saptanmıştır (Bakır, 2017). Abak ve ark. (1990) tarafında GAP bölgesinde yapılan çalışmalarda bitki meyve verimi 1. yıl 0.4-2.11 kg ve 2. yıl 0.79-3.18 kg arasında değiştiği bildirilmiştir.

Denemede ortalama 19.1 cm olan meyve çapı 21.4-16 cm arasında değişmiştir. Meyve çapındaki bu değişim üzerinde ekimde farklı oranlarda uygulanan azotun etkisi önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Aşağıda Şekil 6'da gösterildiği gibi N_{100} , N_{80} , N_{60} , N_{40} , N_{20} ve N_0 konuları meyve çapları sırasıyla 21, 21, 20, 19, 18 ve 17 cm saptanmıştır. En yüksek meyve çapı ekimde %100 ve %80 azot uygulamalarından elde edilirken en düşük meyve çapı ise ekimde hiç azot uygulanmayan konudan elde edilmiştir. N_{100} konusundan N_0 konusuna doğru tohum ekiminde azot uygulama oranlarına paralel olarak bitki meyve çapı düşüş göstermiştir. N_0 konusuna göre N_{80} ve N_{100} konusunda meyve çapı %21.3 ve %22.7 oranında daha fazla gelişmiştir.

Konya'da 124 çerezlik kabak genotipiyle yapılan 2 yıllık bir çalışmada meyve çapı birinci yıl 10.5-23 cm ve ikinci yıl 11.2-28.5 cm arasında değiştiği saptanmıştır (Seymen, 2010). Erzurum'da kabak meyve çapının genotiplere göre önemli şekilde değiştiğinin belirtildiği bir çalışmada ise genotiplere göre meyve çapı 11.7 cm ile 23.75 cm arasında bulunmuştur (Turgut, 2015). Develi popülasyonu çerezlik kabak kullanılarak Kayseri'de birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilen kabağın ortalama çapının 16.5-24.1 cm arasında değiştiği saptanmıştır (Bakır, 2017). Yine Kayseri'de aynı genotiple yürütülen bir diğer çalışmada, farklı gelişme dönemlerinde su stresinin etkisi araştırılmış ve meyve çapının 15.7-20.7 cm arasında değiştiği belirtilmiştir (Sekendur, 2017). Farklı gelişme dönemlerindeki su stresinin meyve çapına etkisi önemli bulunmamıştır.



Şekil 6. Tohum ekiminde tabana farklı azot uygulama oranlarına göre meyve çapı (cm) ve meyve tohum verimi

Seymen ve ark. (2016) tarafından 1. yıl 13.23-16.96 cm ve 2. yıl 11.32-15.68 cm arasında belirlenen çerezlik kabak meyvesi çaplarının aşırı su stresi altında düştüğü ifade edilmiştir.

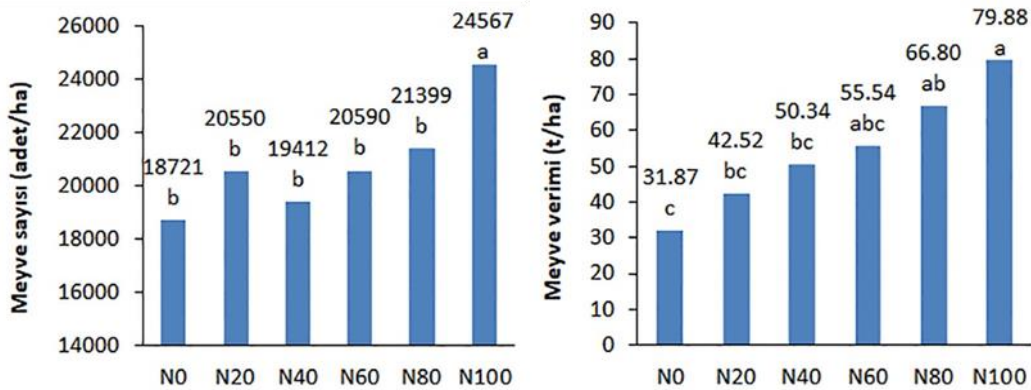
Meyve tohum verimi net tohum ağırlığının meyve sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Denemede meyve başına ortalama 46.3 g kabak tohumu alınmış ve meyve tohum verimi 28-61.9 g arasında değişmiştir. Bu değişim üzerine ekimde farklı oranlarda azot uygulamasının etkisi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur (Şekil 6). En yüksek meyve başına tohum verimi 55.67 g ile N_{100} ve 57.43 g ile N_{80} konularından ve en düşük ise 30.53 g olarak N_0 konusundan elde edilmiştir. Sırasıyla N_{80} , N_{60} , N_{40} ve N_{20} konularından meyve başına 55.67 g, 52.43 g, 42.98 g ve 41.5 g tohum verimi alınmıştır (Şekil 6). N_0 konusuna göre N_{100} ve N_{80} konularında meyve başına tohum verimi sırasıyla %82 ve %88 daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçlara göre ekimde azotun %80 veya daha fazla uygulanmasıyla meyve başına tohum verimi büyük oranda artmıştır.

Erzurumda 9 farklı çerezlik kabak genotipiyle yürütülen bir çalışmada meyve başına ortalama 1. yıl 54.74 g ve 2. yıl 71.44 g tohum verimi alınmıştır (Turgut, 2015). Konya'da ise 124 çerezlik kabak genotipi denemesinde birinci ve ikinci yıl sırasıyla 52.7 g ve 54.73 g meyve başına tohum verimi elde edilmiştir. Trakya Bölgesinde 60 çerezlik kabak materyalinden meyve başına ortalama 30-100 g arasında tohum verimi sağlanmıştır (Seymen, 2010). Murkoviç ve ark. (1997) tarafından meyve başına 126 g'ın üzerinde tohum verimi alındığı rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada kabaksuz çerezlik kabak hatları için meyve başına 1.4-64.1 g tohum elde edildiği belirtilmiştir (Warid ve ark. 1993). Develi popülasyonu çerezlik kabağın birinci ve ikinci ürün olarak Kayseri'de yetiştirilmiş olduğu çalışmada meyve başına 49.4-72.5 g arasında ortalama 62.2 g tohum verimi elde edilmiştir. Farklı gelişme dönemlerinde su stresi uygulamalarının

meyve tohum verimini etkilediğinin saptanmış olduğu bir çalışmada ise meyve başına tohum verimi 34.7-63.2 g arasında değişmiştir. Meyve tohum verimini çiçeklenme döneminde yaşanan su stresi önemli oranda düşürmüştür.

Tohum ekiminde farklı oranda azot uygulamaları, birim alandan hasat edilen meyve sayılarında 16,667-26,812 adet.ha⁻¹ arasında bir değişime yol açmıştır. Ortalama olarak bir hektardan 20,784 adet kabak meyvesinin hasat edildiği denemede meyve sayıları üzerine ekim sırasında farklı azot uygulama oranlarının etkisi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Sırasıyla N_0 , N_{20} , N_{40} , N_{60} ve N_{100} konularından 18721 adet, 20550 adet, 19412 adet, 20590 adet, 21399 adet ve 24567 adet ha⁻¹ meyve hasat edilmiştir (Şekil 7). Konular arasında en fazla meyve N_{100} konusundan hasat edilmiştir. Genel olarak N_{80} konusundan N_0 konusuna doğru hasat edilen meyve bakımından azalan bir trend olsa da bu konuların hepsi aynı Duncan sınıflaması içerisinde yer almış ve N_{100} konusuna göre daha az meyve alınmıştır. N_0 konusuna göre N_{20} , N_{40} , N_{60} ve N_{100} konularında hasat edilen meyve sayılarında sırasıyla %9.8, %3.7, %10, %14.3 ve %31.2 oranında artış görülmektedir.

Farklı çerezlik kabak genotipleri kullanılarak Erzurum'da yürütülen 2 yıllık bir çalışmada bitki başına meyve sayısının genotiplere göre 1.47-4.4 adet arasında değiştiği belirtilmiştir (Turgut, 2015) Konya da yapılan bir diğer çalışmada bitki başına meyve sayısının sulama aralığı ve uygulanan sulama suyundan etkilendiği belirlenmiştir. Sulamaların 7 günden 21 güne çıkarılması durumunda bitki başına meyve sayısı 1.yıl 1.01 adetten 0.89 adete ve 2.yıl 0.80 adetten 0.73 adete düştüğü saptanmıştır. Sulamanın %100'ünün karşılandığı konularda her bitkiden 1.yıl 1.07 adet ve 2.yıl 0.99 adet meyve alınmasına karşılık hiç sulanmayan konularda 1.yıl 0.78 adet ve 2.yıl 0.46 adet meyve alınmıştır (Yavuz ve ark., 2015). Dolayısıyla bitki meyve sayısı üzerine farklı



Şekil 7. Tohum ekimi sırasında tabana farklı azot uygulama oranlarının birim alandan alınan meyve sayısı ve meyve verimine etkisi

çeşit ve genotipler yanında su stresi de etkili olmuştur. Birinci ürün ve ikinci ürün olarak Develi popülasyonunun yetiştirildiği bir başka çalışmada Macar fiğ-tritikale karışımı sonrası ikinci yetiştirme döneminde çerezlik kabaklarda meyve sayısının azaldığı ifade edilmiştir. Birinci dönemde her bitkiden ortalama 1.20 adet meyve alınmasına karşılık ikinci dönemde ise 1.0 adet meyve alınmıştır (Bakır, 2017).

Denemede birim alandan ortalama olarak 53.69 t ha⁻¹ meyve verimi alınmış olup bu verim 19.35-92.38 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. Bu değişim üzerine tohum ekimi sırasında bitki azot ihtiyacının farklı oranlarda uygulanmanın etkisi önemli (p<0.05) bulunmuştur. Şekil 7'den de görülebileceği gibi ekimde tabana uygulanan azot oranının azalmasına paralel olarak meyve veriminde azalma olduğu belirlenmiştir. En yüksek meyve verimi N₁₀₀ konusundan 79.88 t ha⁻¹ elde edilirken en düşük N₀ konusundan 31.87 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Meyve verimi N₀ konusuna göre N₂₀, N₄₀, N₆₀ ve N₁₀₀ konularında sırasıyla %33, %58, %74, %110 ve %151 oranında artmıştır.

Kısıtlı sulama uygulamasının Mısır şartlarında kabak üzerine etkisinin araştırılmış olduğu bir çalışmada su stresine bağlı olarak 24.64-41.30 t ha⁻¹ meyve verimi alınmıştır (Amer, 2011). Konya'da sulama aralığına bağlı olarak 1.yıl meyve verimi 23.7-35.8 t ha⁻¹ ve 2.yıl 17.7-24.4 t ha⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiş olup uygulanan su stresine bağlı olarak ta 1.yıl 14.8-41.8 t ha⁻¹ ve 2.yıl 7.3-29.4 t ha⁻¹ arasında değişmiştir (Yavuz ve ark., 2015). Konya'da yürütülen bu çalışmada 100 kg ha⁻¹ azot uygulaması yapılmış ve yarısı ekimde diğer yarısı ise meyve tutum döneminde verilmiştir.

Farklı toprak tansiyonunda sulanan çerezlik kabakların birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilmesinin araştırıldığı bir denemede bir hektardan 40.28 ton ile 66.96 ton arasında meyve verimi alınmıştır. Develi popülasyonunun kullanıldığı söz konusu çalışmada bitki azot ihtiyacı 120 kg ha⁻¹ alınmış ve bu azotun yaklaşık %40'ı ekim sırasında diamonyum fosfat gübresi şeklinde uygulanırken geriye kalan azot iki eşit parçaya bölünmüş ve bitki çıkışlarından sonra fertigasyonla üre gübresi şeklinde uygulanmıştır (Bakır, 2017). Ekimde farklı azot uygulama oranlarının araştırıldığı bizim bu çalışmada da bitki azot ihtiyacı 120 kg ha⁻¹ olarak alınmış ve N₁₀₀ konusuna bu azotun tamamı ekimde uygulanırken N₈₀, N₆₀, N₄₀, N₂₀ ve N₀ konularına sırasıyla %80, %60, %40, %20 ve %0 kadar uygulanmıştır. Geri kalan azot 5 eşit parçaya bölünerek fertigasyonla uygulanmıştır. Bakır (2017) tarafından elde edilen en yüksek meyve verim değeri (66.96 t ha⁻¹), bizim çalışmada elde edilen en yüksek 92.38 t ha⁻¹ değerinden daha düşüktür. Bu sonuç azotun çerezlik kabağa bölünerek uygulamasının meyve

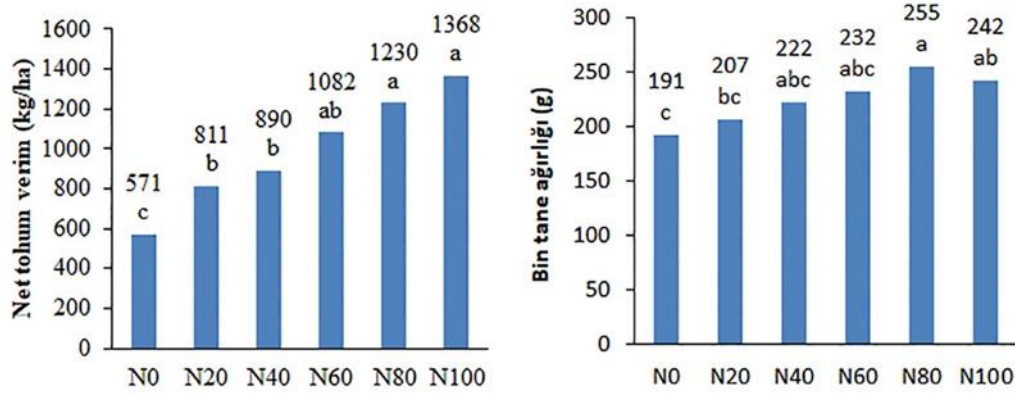
veriminde düşüslere yol açtığını saptadığımız bu çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

Farklı azot dozlarının kabak (*Cucurbita pepo CV. Diamant L.*) gelişimi ve verimine etkilerini belirlemek için Rwando'da yürütülen bir çalışmada 0, 40, 80, 120 ve 160 kg N ha⁻¹ uygulama yapılmıştır. En fazla yenebilir kabak meyvesi verimi 120 kg N ha⁻¹ uygulamasından 11.3 t ha⁻¹ alınmıştır (Ng'etich ve ark., 2013). Zotorelli ve ark. (2008) plastik malçlı sisteminde yazlık taze kabak azot ve su kullanım etkinliğini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada 145 kg ha⁻¹ olarak önerilen azot dozunun altındaki dozlarda kabak veriminin azalmasına karşın daha üzerinde azot uygulanan dozlarında ise kabak veriminin artmadığını belirtmiştir. Florida'da ticari sebze üretim el kitabında gübre yönetimi için en güncel öneriler sunulmuştur. Kabak üretimi için toprak fosfor ve potasyum konsantrasyonları düşük olduğunda 168 kg N ha⁻¹, 134 kg P₂O₅ ha⁻¹ ve 134 kg K₂O ha⁻¹ gübre dozları önerilmiştir (Simonne ve Hochmuth, 2010).

Yapılan bu çalışmada hektara 120 kg N ve 120 kg P₂O₅ uygulaması gerçekleştirilmiştir. Literatürde önerilen en düşük azot dozu kullanılmıştır. Varol ve ark. (2019) tarafından 2 yıl yürütülen bir çalışmada kompost gübre ve 120 kg ha⁻¹ azot dozu uygulamasıyla her iki yıl daha kararlı sonuçlar alındığı bu nedenle çerezlik kabak tarımında toprak organik maddesinin artırılması ve sulanan alanlarda 120 kg ha⁻¹ azot uygulama dozunun yararlı olacağı belirtilmiştir.

Ekimde Farklı Azot Uygulamalarının Çerezlik Kabak Tohum Verimi ve 1000 Tane Ağırlığına Etkisi

Net tohum verimi en düşük ve en yüksek 505 - 1568 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. Ekim sırasında farklı oranlarda azot uygulanması sonucu tohum verimi önemli şekilde (p<0.05) etkilenmiştir (Şekil 8). En yüksek tohum verimi N₁₀₀ ve N₈₀ konularından sırasıyla 1368 ve 1230 kg ha⁻¹ belirlenirken en az net tohum verimi N₀ konusundan 571 kg ha⁻¹ saptanmıştır. Ekim sırasında hiç azot uygulanmayan N₀ konusuna göre N₂₀, N₄₀, N₆₀, N₈₀ ve N₁₀₀ konularından sırasıyla %42.1, %55.8, %89.4, %115.4 ve %139.6 oranında daha fazla tohum verimi elde edilmiştir. Nitekim Zotarelli ve ark. (2008) tarafından bitki için sulama yönetimi kadar azot uygulaması ve zamanlamasının da kritik olduğu belirtilmiş olup yeraltı suyuna azot yıkaması yapılmaksızın bitki verimi için yeterli azot sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Benzer şekilde Hochmuth ve Hanlon (2010b) tarafından uygulanacak gübre oranları modern gübreleme önerilerinin yalnızca bir parçasını oluşturduğu, doğru gübre önerileri aynı zamanda gübre materyalini, sulamayı, uygulama yerini ve uygulama zamanlamasını içine alması gerektiğini bildirmiştir.



Şekil 8. Tohum ekimi sırasında tabana farklı azot uygulama oranlarının birim alandan alınan meyve sayısı ve meyve verimine etkisi

Bu çalışmadan elde edilen verim sonuçları diğer çalışmalarda belirtilen verim sonuçları aralığında çıkmıştır. Örneğin Kirnak ve ark. (2019) Develi popülasyonu çerezlik kabak tohumu ile Kayseri’de farklı sulama oranlarına göre tohum verimlerini 470-1420 kg ha⁻¹, Bakır (2017) farklı ekim zamanlarına göre 800-1277 kg ha⁻¹, Sekendur (2017) farklı dönemlerde su stresine göre 660-985 kg ha⁻¹, Yavuz ve ark. (2015) Konya’da farklı sulama aralıkları için 527-980 kg ha⁻¹ ve farklı sulama oranları için 247-1131 kg ha⁻¹, Turgut (2015) 9 farklı kabak genotipi için 462-1140 kg ha⁻¹, Çakır (2000) farklı sulama seviyeleri için 499.7-1268.1 kg ha⁻¹ ve Raymond (1999) tarafından kabuklu çeşitlerde 500-1000 kg ha⁻¹ tohum verimleri verilmiştir.

Elde edilen çekirdeklerin dolgun ve iri olması pazar değeri ve tohumluk olarak kullanımı açısından son derece önemlidir. Çalışmada ekim sırasında farklı azot uygulama konuları arasında bin tane ağırlığı önemli şekilde ($p < 0.05$) farklı bulunmuş olup bin tane ağırlığı ortalama 180.5-278 g arasında değişim göstermiştir. Bin tane ağırlığı bakımından en iyi sonuç N₈₀ konusundan 255.4 g elde edilmiştir. Daha sonra sırasıyla N₁₀₀ konusundan 242.0 g, N₆₀ konusundan 231.9 g, N₄₀ konusundan 221.6 g, N₂₀ konusundan 207.1 g elde edilmiştir. En düşük bin tane ağırlığı sonucu N₀ konusundan 191.5 g alınmıştır (Şekil 8). Çerezlik kabakta 1000 tane ağırlığı, ekim sırasında uygulanan azot dozlarına göre değişmiştir. N₀ konusuna göre N₈₀ ve N₁₀₀ konularında 1000 tane ağırlığı sırasıyla %34 ve %27 oranında artmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen bin tane ağırlığı sonuçları diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla uyusmaktadır. Örneğin Tekirdağ şartlarında 10 farklı çerezlik kabak genotipi için 1000 tane ağırlığının 162.1-270.8 g arasında (Şeker, 2012), Erzurum’da 9 farklı genotip için ortalama olarak 1.yıl 185.5 g ve 2.yıl 217 g (Turgut, 2015), farklı

sulama rejimleri için 157-198 g (Yavuz ve ark. 2015) ve 102-158 g bildirilmiştir.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada toprak nem ölçümüne dayalı kontrollü sulama şartlarında çerezlik kabak azot ihtiyacının %100, %80, %60, %40, %20 ve %0 kadarı ekim sırasında uygulanmış ve azotun ekimde uygulanmayan kısmı 5 eşit parçaya bölünerek fertigasyonla uygulanmıştır. Bu şekildeki bir uygulamanın çerezlik kabak su kullanımı ve verimliliği gibi bir takım özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Yöntem ve Bulgular: Azotun %100 ve %80’inin ekim sırasında uygulanmasıyla yapraktaki toplam klorofil miktarı gelişme dönemi boyunca diğer konulardan hem daha yüksek bir seyir göstermiş hem de dönem ortalarına doğru arttıktan sonra hasada doğru düşmüştür. Ekim sırasında %100 azot uygulaması sonucunda ortalama yaprak alanı ve toplam yaprak alanı artmıştır.

Genel Yorum: Ekimde azotun en az %80 ve üzerimde uygulanması ve toprak nem ölçümüne dayalı kontrollü sulamalar sonucu sulama suyu kullanım etkinliği, su kullanım etkinliği, bitki meyve sayısı, meyve verimi, meyve tohum verimi, tohum verimi ve 1000 tane ağırlığında önemli artışlar meydana gelmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çerezlik kabak üretiminde kontrollü sulama şartları altında bitki azot gereksiniminin en az %80’inin ekim sırasında uygulanması verimlilik ve karlılık açısından önemli sonuçlar doğuracaktır.

Anahtar Kelimeler: Ekim sırasında azot oranları, develi balkabağı popülasyonu, bitki büyümesi, su tüketimi.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abak K, Sarı N, Pakyürek AY, Daşgan HY, Şensoy S (1990) Gap Yöresinde Sebze Türlerinin Çeşitlendirilmesi. Çerezlik Kabak (Kesin Sonuç Raporu). Gap Yayınları No:102.
- Al-Omran AM, Sheta AS, Flatah AM, Al-Harbi AR (2005) Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo* L.) yield and water-use efficiency in sandy calcareous amended with clay deposits. *Agr. Water Manage.* 73: 43-55.
- Amer KH (2011) Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. *Agr. Water Manage.* 98: 1197-1206.
- Anonim (2016) Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim Tarihi 14.03.2017.
- Ayers RS, Westcot DW (1989) Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, pp 174.
- Bakır R (2017) Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Su Kullanımı, Verim ve Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Ens. Biyosistem Mühendisliği ABD. 66s.
- Cebeci İ, Ünlükara A, Yetişir H, Seçmen H (2017) Kıraç Alanlarda Çerezlik Kabağın Üretiminde Artış Sağlamak İçin Mikro-Havza Su Hasadı Tekniğinin Kullanımı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu No. TAGEM/TSKAD/12/A13/P02/1, Ankara.
- Çakır R (1996) Trakya Koşullarında Yetiştirilen Çekirdeklik Kabağın Su Tüketimi. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1995*, Ankara, 281-296.
- Çakır R (2000) Değişken iklim koşullarında uygulanan sulama programlarının çekirdeklik kabağın meyve ve çekirdek verimine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi III. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Isparta, Türkiye.ss 448-455.
- Ertek A, Şensoy S, Küçükyumuk C, Gedik İ (2004) Irrigation frequency and amount effect yield component of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Agr. Water Manage.* 67: 63-76.
- Evelt S (2007) Soil water and monitoring technology, In: *Irrigation of Agricultural Crops* (Eds. Laskano RJ, Sojka RE), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 25-84.
- Ghanbari A, Nadjafi F, Shabahang J (2007) Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield component and seed quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Asian J. of Plant Sci.* 6 (7): 1072-1079.
- Hargreaves GH, Merkle GP (2004) *Irrigation Fundamentals*. Water Resources Publications, LLC, Colorado. pp 182.
- Haynes RJ, Swift RS (1987) Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth. *Plant and Soil*, 102: 211-221.
- Hochmuth GJ, Hanlon EA (2016) *Principles of sound fertilizer recommendations*. Fla. Coop. Extension Seru. Cir. SL. 315.
- Hess M, Bill M, Jason S (1997) *Oregon State University Western Oregon Squash Irrigation Guide*, vol.541. Department of Bioresource Engineering, Corvallis, OR, pp. 737-6304.
- Howell TA, Cuenca RH, Solomon KH (1992) Crop yield response. In: *Management of Farm Irrigation System* (Eds. Hoffman GJ, Howell TA, Solomon KH). ASAE Monograph Number 9, ASAE 2950 Niles Road St. Joseph. pp 95-122.
- James LG (1988) *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley Sons Inc., Singapore. pp 512.
- Keller J, Bliesner RD (1990) *Sprinkle and Trickle Irrigation*. The Blackburn Press, New Jersey. pp 652.
- Kirnak H, Irik HA, Unlukara A (2019) Potential use of crop water stress index (CWSI) in irrigation scheduling of drip-irrigated seed pumpkin plants with different irrigation levels. *Scientia Horticulturae*, 256: 108608.
- Kuslu Y, Sahin U, Kızıloğlu MF, Memis S (2013) Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-arid Agricultural Area. *J. of Integrative Agr.* 13(11): 2518-2526.
- MGM (2017) *Meteoroloji Genel Müdürlüğü*, 2017. <http://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>. Erişim Tarihi: 05.03.2017.
- Mohammed MJ (2004) Squash yield, nutrient content and soil fertility parameters in response to methods of fertilizer application and rates of nitrogen fertigation. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 68: 99-108.
- Rouphael Y, Colla G (2005) Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Scientia Horticulturae*, 105: 177-195.
- Murkoviç M, Winkler J, Pfannhauser W (1997) Improvement of the quality of pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) by use of cluster analysis. *First International Symposium on Cucurbits*, Adana-Turkey, pp. 41-46.

- Ng'etich OK, Niyokuri AN, Rono JJ, Fashaho A, Ogwenjo JO (2013) Effect of different rates of nitrogen fertilizer on the growth and yield of zucchini (*Cucurbita pepo* cv. Diamant L.) Hybrid F1 in Rwandan high altitude zone. *Inter J of Agric and Crop Sci.* 5(1):54-62.
- Paksoy M, Aydın C (2004) Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *J. Food Eng.* 65:225-231.
- Olson SM, Santos B (2010) Vegetable production handbook of Florida. Retrieved August 25, 2019, from https://edis.ifas.ufl.edu/topic_vph.
- Sekendur F (2017) Çerezlik kabak bitkisinde (*Cucurbita pepo* L.) farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su stresinin verime ve ürün kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Ens. Biyosistem Mühendisliği ABD, 56s.
- Seymen M (2010) Çerezlik Kabaklarda (*Cucurbita pepo* L.) Tüketici İsteklerine Uygun Genotiplerin Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri ABD, 73s.
- Seymen M, Yavuz D, Yavuz N, Türkmen Ö (2016) Effect on Yield Components of Different Irrigation Levels in Edible Seed Pumpkin Growing. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 10: 275-280.
- Şeker S (2012) Ülkemizde Yetiştirilen Farklı Çekirdeklik Kabak Popülasyonlarının Bazı Tane Özelliklerinin Saptanması Ve Rapd Yöntemi İle Genetik İlişkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri ABD, 87 s.
- Turgut G (2015) Çerezlik Kabak Genotiplerinin Erzurum Şartlarında Adaptasyonu, Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri ABD, 93 s.
- Ünlükara A (2014) Kabak Su İlişkileri ve Sulama Stratejisi. Çerezlik Kabak Çalıştayı. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Kayseri, Türkiye, 26-27 Kasım 2014, pp. 69-80.
- Ünlükara A, Bakır R (2018) Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Su Kullanımı ve Veriminin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 309-318.
- Ünlükara A, Efiltili Ü, İradeli N (2016) Klasik yetiştiricilik ve mikro havza su hasadı tekniği altında çerezlik kabak ekim normu ve su kullanım etkinliğinin belirlenmesi. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 12-15 Nisan, Antalya. 284-291.
- Warid AW, Martinex J, Loaiza M (1993) Productivity of Naked Seed Squash, *Cucurbita pepo* L. Retrieved December 27, 2017, from <http://cuke.hort.ncsu.edu/cgc/cgc16/cgc16-21.html>.
- Varol İS, Ünlükara A, Güneş A (2019) Farklı Gübrelerin ve Azot Dozlarının Çerezlik Kabak Üzerine Etkisi. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference, 24-27 April 2019, Kayseri, Turkey.
- Yavuz D, Seymen M, Yavuz N, Türkmen Ö (2015) Effect of irrigation interval and quantity on the yield and quality of confectionary pumpkin grown under field conditions. *Agr. Water Manage.* 159: 290-298.
- Yegül M, Yıldız M, Ellialtıoğlu Ş, Abak K (2012) Bazı kabuksuz çekirdek kabağı (*Cucurbita pepo* var. *sytrica*) ıslah hatlarında tohum verimi ve kalitesi. *YYÜ Tarım Bilgisi Derg.* 22 (1):12-19.
- Zotarelli L, Dukes MD, Scholberg JM, Hanselman T, Le Femminella K, Munoz-Carpena R (2008) Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. *Scientia Horticulturae*, 116: 8-16.



The effects of different water levels on biomass and bioethanol yield of second crop sorghum in Çukurova conditions

Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkileri

Muhammed DÜNDAR¹, Mustafa ÜNLÜ¹, Celal YÜCEL²

¹Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

²Şırnak University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Şırnak, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Ö Z E T / A B S T R A C T

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Sorghum, Deficit irrigation, Yield, Water use efficiency, Bioethanol, Biomass.

Corresponding author: Mustafa ÜNLÜ

✉: munlu@cu.edu.tr

Aims: In the recent years Agricultural products that use water effectively have become important due to climate changes. Since sweet sorghum is more tolerant to drought and higher temperatures than other crops, it is important to know the different water levels of the plant. The aim of this study was to determine the effects of different water levels on biomass and bioethanol yields in second crop sweet sorghum under Çukurova conditions.

Methods and Results: The study was carried out in the year of 2017, in the research field of Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation by using randomized block design with 3 replications. In the experiment, different irrigation water levels (I1, I2, I3, I4) were applied during plant development periods. In this research, irrigation water was applied to the experimental treatments between 479.6 mm and 227.8 mm.

Conclusions: : In the study, it was found that different water levels had a significant effect on dry matter yield and bioethanol yields, dry matter yield was ranged from 6007.4 kg da⁻¹ to 3661.8 kg da⁻¹, bioethanol yield was also ranged from 189 L da⁻¹ to 326 L da⁻¹. Irrigation water use efficiencies (IWUE) were determined between 16.07 kg m⁻³ and 12.43 kg m⁻³. Water use efficiencies (WUE) also were between 10.2 kg m⁻³ and 9.4 kg m⁻³. The yield respons factor (ky) value was determined as 1.17.

Significance and Impact of the Study: In the study, different irrigation water levels were applied and it was obtained that the highest yield was taken from fully irrigated treatment (I1) and the lowest yield was taken from the least irrigated treatment (I4). According to irrigation water levels, yields decreased in parallel.

Atıf / Citation: Dündar M, Ünlü M, Yücel C (2019) The Effects of Different Water Levels on Biomass and Bioethanol Yield of Second Crop Sorghum in Çukurova Conditions. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :211-221

GİRİŞ

Fosil yakıt fiyatlarındaki artış, tükenmekte olan petrol rezervleri ve en önemlisi geleneksel adıyla "sera etkisi" küresel ısınmanın ilerleyişi, enerji bitkilerinin önemini daha da arttırmıştır. Karlılığı değerlendirmek ve yaygınlaştırmak için enerji bitkilerinin ekimi, en uygun olanını seçmek ve bu iki şartı yerine getirirken yaşanan belirli olayların sonucunda sulama suyundaki azalma,

düzensiz düşen yağmur suyu, artan hava sıcaklığı vs. gibi koşullar altında elde edilebilecek maksimum verim ön koşul hale gelmiştir.

Tarımsal üretimde, en önemli girdilerden birisi sulamadır. Günümüzde, az işçilik ve az enerji kullanımı gerektiren, verim ve kaliteyi artıran damla sulama yönteminin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Sorgum üretiminde diğer tarımsal uygulamaların yanında, sulamadan en etkin bir biçimde

yararlanmak, verim ve kaliteyi en fazla sağlamak için, damla sulama ile bitkilere verilecek sulama suyunun miktar ve zamanının bilinmesi de önemlidir.

Sulamanın, sorgum bitkisinin verimini arttırdığı çalışmalarla kanıtlanmıştır. Sulamanın miktarı ve sayısı, bölge iklimine ve toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sorgumun salkımlanma ve çiçeklenme döneminde su tüketiminin arttığı yapılan çalışmalarla anlaşılmıştır (Al-Kaisi ve Broner, 2010).

Sorgum bir C4 bitkisi, fotosentetik veriminin yüksek olması ile tanınır. Ayrıca, sorgum, büyüme özelliklerinde değişkenlik gösteren yıllık bir üründür. Sorgumla ilgili yapılan çalışmalarda, tahıl ve yem tipi sorgum çeşitlerinde dört karbonlu fotosentetik yollarla birlikte % 30 daha fazla kuru madde elde edildiği ve üç karbonlu ürünlere kıyasla, yarı-kurak bölgelere daha fazla adapte olduğu belirtilmiştir (Samson ve Knopf, 1994).

Ankara koşullarında sorgumla yürütülen farklı ekim zamanı ve ekim sıklığının verime olan etkisini araştırdıkları çalışmada, en yüksek verimin 40x20 cm bitki sıklığı ile 20 Nisan'da yapılan ekimden elde edildiği bildirilmiştir (Emeklier ve Köksoy, 1997).

Tatlı Sorgum kurak iklim koşullarına karşı yüksek toleransa sahip olduğundan, sıcak ve kuru iklim koşullarında etanol üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. İran'da yapılan bir çalışmada, sıcak ve kuru bölgelerde ekimi yapılan tatlı sorgum bitkisinden hektar başına 80 ton sap, 5 ton tane ve 15 ton yeşil yaprak elde edilmiştir. Ayrıca, 29 tatlı sorgum çeşidi ve hatları arasında yapılan karşılaştırmada, Rio çeşidinin daha yüksek biyokütle (117.14 t ha^{-1}), sap verimi (95 t ha^{-1}), tane verimi (5.0 t ha^{-1}) ve yaprak verimine (17.00 t ha^{-1}) sahip olduğu görülmüştür (Almodares ve Hatamipour, 2011).

Naescu ve Nita (1991), sorgumda tane üretimi almak için gerekli sulama suyu miktarını yaklaşık 400 ila 500 mm olarak belirlemişlerdir. Yemlik sorgumun yaş ot verimleri, sulama olmadan 38.3 t ha^{-1} iken, 560 mm su uygulandığında ise 88.4 t ha^{-1} e kadar arttığını bildirmişlerdir.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, su tüketim değerleri ve ortalama dane verimleri arasındaki ilişkileri tanımlayan su verim fonksiyonları aynı zamanda bitki su gereksinimlerinin, bitki büyüme modellerinin, su kullanım verimliliğinin ve sulama

programlarının değerlendirilmesinde, su dağıtım işlemlerinde ve sulama sistemlerinin tasarım, işletme ve ekonomik analizlerinde de kullanılır. Bu çalışmalarda ana amaç su kullanım randımanını (WUE) artırmak ve brim sudan maksimum verim elde etmektir (Gençoğlan ve Yazar, 1999; Solaimalai ve ark., 2001). Dhonde ve ark. (1986)'da yapmış oldukları çalışmada ise sorgum bitki su tüketiminin artmasıyla WUE azaldığını ve WUE değerinin, 10.7 kg.mm^{-1} olarak elde edildiğini saptamışlardır.

Araştırma, Çukurova ikinci ürün koşullarında tatlı sorgumda farklı su düzeylerinin biyokütle ve bioetanol verimlerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada bitki materyali olarak tek tip sorgum çeşidi M81E kullanılmıştır. Çalışma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2017 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı denizden 20 m yükseklikte olup, $36^{\circ} 59'$ ve $35^{\circ} 18'$ E enlem ve boylamları arasında yer almaktadır. Yörede Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yörede gözlemlenen uzun yıllık iklim verileri sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık $18.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; en soğuk ay $9.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ocak, en sıcak ay ise $28.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış 646 mm 'dir. Yağış dağılımı homojen olmayıp genellikle kış aylarında düşmektedir. Ortalama yıllık oransal nem %66, buharlaşma 1308 mm yıl^{-1} , rüzgar hızı 2.0 m sn^{-1} dolaylarındadır.

Mutlu serisine giren deneme alanı toprakları düz ve düze yakın topoğrafyada yer alır. Yüksek oranda şişme özelliği taşıyan, ince kil içeren bu topraklar kireç açısından orta derecede zengin ve koyu kırmızımsı kahverengi rengindedirler. Kil oranı her zaman %50'den fazla olan bu toprakların kurak aylarda, 2-4 cm genişliğinde ve 150 cm'den daha derin çatlaklar oluşturdukları gözlenmiştir (Özbek ve ark., 1974). Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri (Baştuğ, 1987)

Derinlik (cm)	Toprak Dane Büyüklük Dağılımı			Bünye	Hacim Ağırlığı (g.cm ⁻³)	*Tarla Kapasitesi (%)	*Solma Noktası (%)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)				
0-30	27.6	21.2	51.2	KİL	1.19	34.4	17.5
30-60	27.5	19.1	53.4	KİL	1.16	36.7	18.2
60-90	28.4	18.1	53.5	KİL	1.15	38.4	19.1
90-120	27.4	19.1	53.5	KİL	1.25	37.7	19.4
120-150	25.3	21.3	53.4	KİL	1.24	37.0	18.7

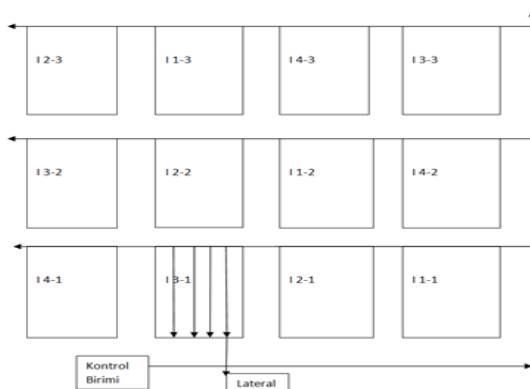
* Kuru ağırlık cinsinden

Çizelge 2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri (Baştuğ, 1987)

Derinlik (cm)	Doygunluk (%)	pH	Tuz İçeriği (dS/m)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	Organik Madde (%)
0-30	64.6	7.87	0.21	473	25	1.34
30-60	67.3	7.61	0.12	473	29	1.07
60-90	69.3	7.81	0.14	-	-	-
90-120	66.5	7.97	0.13	-	-	-
120-150	72.4	7.64	0.18	-	-	-

Denemede kullanılan sulama suyu, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSS (1954)'de verilen esaslardan yararlanarak laboratuvarında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda kullanılan sulama suyunun orta tuzlu-düşük sodyumlu (C₂S₁) sulama suyu sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Ekim işlemleri, tohum 2-3 cm derinliğe düşecek şekilde ve her parselde altı sıra olarak yapılmıştır. Parsellerin boyutları ise 5 metre uzunluğunda ve 4.2 m enindedir (Şekil 1). Çalışma 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiştir. 4 konu için 12 parsel oluşturulmuş ve sulama aralığı 7 gün olarak belirlenmiştir. Sulama konularının oluşturulmasında dört farklı bitki-pan katsayısı: I1 konusu için K_{cp}:1.00, I2 konusu için K_{cp}:0.75, I3 konusu için K_{cp}:0.50 ve I4 konusu için ise K_{cp}:0.25 değerleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneme parsellerinin genel planı

Çalışmada çıkış sonrası bitkilere (15-20 cm iken) tekleme, 8-9 yapraklı olduğunda ara çapa ve boğaz doldurma işlemleri yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesinde ise denemede yoğun bir yabancı ot olmadığından dolayı, herhangi bir yabancı ot ilacı kullanılmamış, birkaç kez mekanik mücadele tercih edilmiştir. Ayrıca, denemede, özellikle sap kurtlarına karşı ilaçlamalar Ç.Ü Bitki Koruma Bölümü uzmanlarının görüşleri doğrultusunda yapılmıştır. Araştırmada her sulama öncesi etkili kök derinliğindeki (120 cm) nem içeriği gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Konulara verilen sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde, A sınıfı buharlaşma kabından oluşan buharlaşma değerleri göz önüne alınmıştır.

Parsellere Uygulanan Sulama Suyu Miktarının Hesaplanması

Deneme parsellerine ilk sulama uygulaması 120 cm etkili kök derinliğindeki toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde yapılmıştır. Parsellere uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanmasında, açık su yüzeyi buharlaşma eşitliğinden yararlanılmıştır (Kanber, 1984).

$$I = A \times E_p \times K_{cp} \times P \quad \text{Eş (1)}$$

I: Sulama suyu miktarı (L)

A: Parsel alanı (m²)E_p: Sulama aralıklarındaki yığılımlı buharlaşma (A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma (mm)K_{cp}: Bitki-pan katsayısı

P: Örtü yüzdesi (%)

Denemede kullanılan damla sulama sisteminde lateraller $\Phi 16$ mm çapında olup üzerinde 100 kPa işletme basıncında debisi 4.00 L h^{-1} olan damlaticılar yer almaktadır. Damlaticılar lateral hattı üzerinde 0.20 m aralıklarla ve her sorgum sırasına (70 cm) bir lateral gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Örtü yüzdesi (P), bitki taç genişliğinin bitki sıra aralığına bölünmesi ile hesaplanmıştır. P için bitki gelişme süresi boyunca örtü yüzdelere göre değişen değerler kullanılmıştır (Kanber ve Güngör, 1986). P değeri %70'e ulaştığında ise anılan değer sulama sezonu boyunca sabit olarak alınmıştır.

Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanının Saptanması

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1990; Zhang ve ark., 1999).

$$IWUE = \frac{Y_i}{I} \quad \text{Eş (2)}$$

$$WUE = \frac{Y_i}{ET} \quad \text{Eş (3)}$$

Eşitliklerde;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

WUE: Su kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

Yi: Sulama suyu uygulanan deneme konularının verimi, kg da^{-1} ,

I: Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ET: Ölçülen bitki su tüketimi, mm'dir.

Su kullanım etkinliği (WUE) kuru madde veriminin (kg da^{-1}) mevsimlik evapotranspirasyon (mm) değerine bölünmesiyle ve sulama suyu kullanımı etkinliği değeri (IWUE) ise kuru madde veriminin (kg da^{-1}) uygulanan sulama suyu miktarına (mm) bölünmesiyle belirlenmiştir.

Su-Verim İlişkisi

Elde edilen sonuçların ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketimi ile hasat verimi arasında su-üretim fonksiyonları belirlenmiştir (Howell ve ark., 1990). Ayrıca, su kısıtlamasının hasat verimi üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiler Stewart modeli olarak bilinen su-verim ilişkisi yöntemi ile belirlenmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Bitki Üretim Fonksiyonu

Denemede oransal evapotranspirasyon açığı ile verim azalması arasındaki ilişkilerin ve verim tepki etmeni (ky) değerlerinin belirlenmesinde Stewart modeli kullanılmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979; Stegman ve ark., 1981). Anılan model matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$(1-Y_a/Y_m) = ky \cdot (1-ET_a/ET_m) \quad \text{Eş (4)}$$

Burada; ET_a ve Y_a : Bitkinin yetiştirildiği koşullardaki gerçek su tüketimi ve bu tüketime karşılık elde edilen gerçek verim;

ET_m ve Y_m : Bitkinin büyüme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı koşullarda maksimum su tüketimi ve buna karşılık elde edilen maksimum verim; ky: Evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim tepki etmenidir.

Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve Kuru Madde Verimi

Çalışmada yaprak alan indekslerinin belirlenmesi için bitki sıralarının 0.60 m'lik uzunlukları kullanılmıştır (3 bitki alınacak şekilde işlemler yapılmıştır). Alınan uzunluk üzerindeki bitkiler, toprak yüzeyinden kesilerek; örneğin içerdiği yaprakların tümünün bir yüzeylerinin alanları, optik yaprak alan ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen yaprak alanların toplamı, alınan bitkilerin temsil ettiği alana oranlanarak yaprak alan indeksleri hesaplanmıştır (Mitchell, 1970).

Kuru madde (biomass) değerleri, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde kullanılan bitki örneklerinden saptanmıştır. Yaprak alanları ölçüldükten sonra, yaprak dahil, tüm bitki kısımları küçük parçalara ayrılarak, kağıt torbalar içinde $65-68 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Roberts ve ark., 1985). Kurutulan örnekler tartılmış ve alınan bitki örneğinin temsil ettiği alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Gardner ve ark., 1985).

Biyomas, Özsu miktarı, Brix Ölçümü, Şeker ve Etanol Verimi

Genotiplerin brix ve özsu değerlerinin saptanması için, yaprak ve salkımlarından ayrılan saplar ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Her tekrarlamadan sonra sıkılan şıranın bir kısmı ölçülüp atıldıktan sonra, ikinci ölçümlerden örnekler alınmış ve brix değerleri (%) refraktometre yardımıyla bu örneklerden saptanmıştır. Aynı örneklerde, bitki başına öz su ve brix değerleri saptanmıştır (Yücel ve ark., 2018). Özsu verimi (L da^{-1}), her parselde rastgele seçilen 5 bitkinin saplarının sıkılması ile elde edilen özsu miktarı ml bitki⁻¹ cinsinden ölçülerek dekarda olması gereken sap sayısına göre hesaplanmıştır. Teorikşeker verimi (kg da^{-1}), şıra

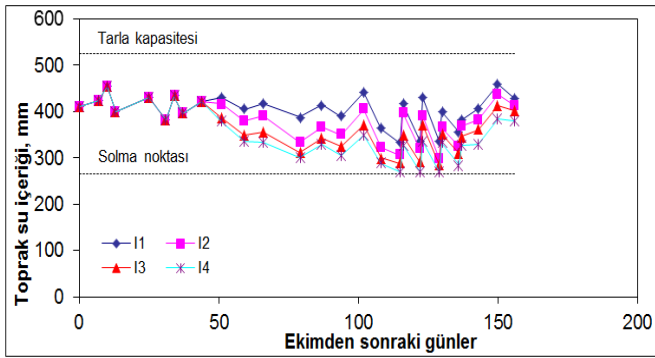
veriminin 0.85 katsayısı ile çarpılması ile belirlenmiştir. Teorik etanol verimi (kg da^{-1}), $[(\text{toplam şeker} (\text{kg da}^{-1})/5.68) \times 3.78] \times 0.80$ formülü yardımıyla hesaplanmıştır (Yücel ve ark., 2018).

Araştırma sonucunda bitkisel özelliklerden elde edilen verilerin, tesadüf blokları deneme desenine göre JMP istatistikî paket programında varyans analizleri yapılmış, istatistiksel olarak önemli çıkan ortalamaları, LSD (0.05) çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır (Yurtsever, 1984).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak Profiline Su İçeriği Gözlemleri

Araştırma konularında toprak profilinin 120 cm etkili kök derinliğine kadar, sulama öncesi gravimetrik yöntemle belirlenen, toprak su içeriklerinin zamana göre değişimleri Şekil 2’de verilmiştir. Anılan şekilden görüleceği gibi, toprak su içeriğinin bitki gelişim dönemi boyunca tarla kapasitesi ile solma noktası arasında olduğu belirlenmiştir.



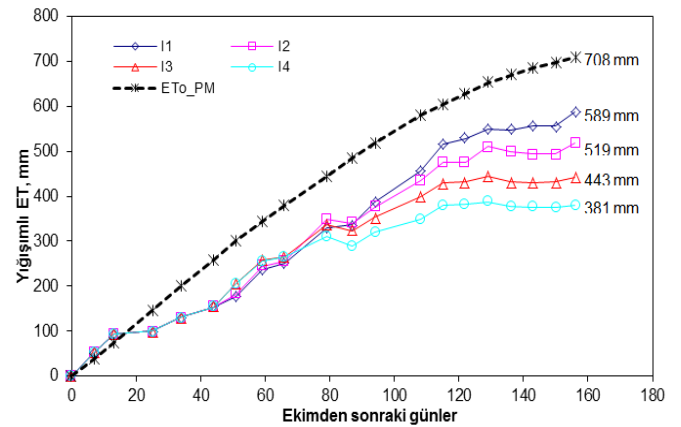
Şekil 2. Araştırma konularının sulama öncesi toprak su içeriğinin değişimleri

Sulamaya İlişkin Bulgular

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 3’de verilmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği gibi, her deneme konusuna, ekim ile birlikte can suyu uygulanmış ve deneme konularına bu uygulamalar, konulu sulamaların başlama tarihi olan 27.07.2017 tarihine kadar eşit sulama uygulamaları ile devam etmiştir. En yüksek sulama suyu miktarı, kısıt uygulanmayan I1 konusunda toplam 479.60 mm olmuştur. Diğer deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ise, I2 konusuna 395.66 mm, I3 konusuna 307.76 mm ve I4 konusuna ise 227.80 mm olarak ölçülmüştür.

Bitki Su Tüketimi (ET)

Bitki büyüme dönemi boyunca deneme konularından elde edilen bitki su tüketimleri, Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Konulara göre bitki su tüketimlerinin zamana göre değişimleri

Çizelge 3. Konulara Göre Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)

Tarih	Sulama Yöntemi	Sulama Konuları				
		I1	I2	I3	I4	
13.06.2017	Yağmurlama Sulama	37.65	37.65	37.65	37.65	
16.06.2017		7.59	7.59	7.59	7.59	
20.06.2017		9.06	9.06	9.06	9.06	
26.06.2017		8.51	8.51	8.51	8.51	
29.06.2017		7.46	7.46	7.46	7.46	
30.06.2017		12.73	12.73	12.73	12.73	
03.07.2017		15.12	15.12	15.12	15.12	
08.07.2017		16.08	16.08	16.08	16.08	
14.07.2017		17.59	17.59	17.59	17.59	
17.07.2017		3.38	3.38	3.38	3.38	
20.07.2017		8.70	8.70	8.70	8.70	
27.07.2017		Damla Sulama	32.24	24.18	16.12	8.06
04.08.2017			32.24	24.18	16.12	8.06
11.08.2017			28.31	21.23	14.15	7.08
18.08.2017	27.15		20.36	13.57	6.79	
25.08.2017	22.37		16.77	11.18	5.59	

Çizelge 3. (devamı)

01.09.2017		26.26	19.70	13.13	6.57
08.09.2017		25.26	18.95	12.63	6.32
15.09.2017		24.33	18.24	12.16	6.08
22.09.2017		19.00	14.25	9.50	4.75
29.09.2017	Damla Sulama	23.06	17.29	11.53	5.76
06.10.2017		17.44	13.08	4.75	4.36
13.10.2017		18.77	14.08	9.39	4.69
20.10.2017		19.75	14.82	9.88	4.94
27.10.2017		19.54	14.66	9.77	4.89
Toplam:		479.60	395.66	307.76	227.80

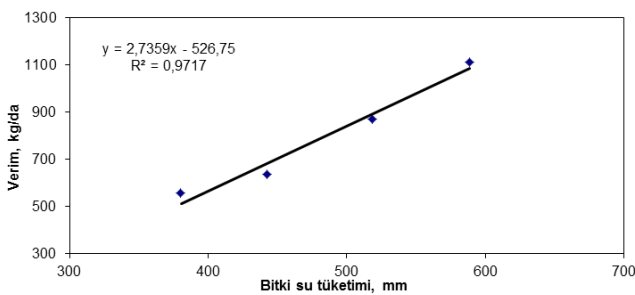
Şekil 3'den görüleceği gibi yığışlımı bitki su tüketim değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişiklik göstermişlerdir. Çalışmada elde edilen en yüksek gerçek bitki su tüketim değeri 589 mm ile I1 konusunda oluşurken, I2 konusunda 519 mm, I3 konusunda 443 mm ve en az ise 381 mm ile I4 konusunda meydana gelmiştir.

Su-Verim İlişkileri

Sorgum hasadıyla birlikte sulama konuları incelendiğinde elde edilen sonuçlarda I1 konusundan en yüksek verim elde edilmiştir. Diğer konulardan ise sulama sularına bağlı olarak daha az miktarlarda verimler elde edilmiştir (Çizelge 4). Ayrıca, çalışmada ölçülen bitki su tüketimleri ile bunlara karşılık gelen verimler arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Bitki Su Tüketimi ve Verim Değerleri

Konular	ET (mm)	Verim (kg da ⁻¹)
I1	588.5	1111.1
I2	518.6	873
I3	442.9	634.9
I4	380.4	555.5



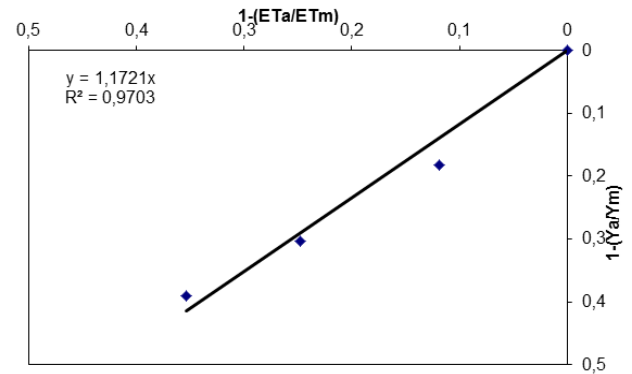
Şekil 4. Tane verimi sulama suyu ilişkisi

Kocaöner (2014), Söke koşullarında yapmış olduğu çalışmada, gecikmiş ana ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinden en düşük 280.4 kg.da⁻¹, en yüksek 347.5 kg.da⁻¹ tane verimi elde etmişlerdir. Zhao ve ark. (2009) Pekin-Çin koşullarında tatlı sorgum çeşitlerinin

tane verimlerinin 220-570 kg.da⁻¹ arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Su-Üretim Fonksiyonları

Araştırmada, (1-ETa/ETm) ile (1-Ya/Ym) arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak, yetiştirme mevsimi için geliştirilen verim tepki etmeni (ky) 1.17, olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi

Şimsek ve Gerçek (2005), mısır bitkisinde yapmış oldukları çalışmada, verim tepki etmeni (ky) değerlerini, 0.72, 0.95, 0.91 olarak hesaplamış ve 2. yılda yapılan aynı çalışmada ise anılan değerleri 0.70, 0.97, 0.97 olarak bulmuşlardır. Çalışmada sulama düzeylerinin ky değerleri üzerine önemli etkisinin olduğunu saptamışlardır.

Gençoğlan ve Yazar (1999), mısır bitkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada ise, tane verimi ile sulama suyu ve su tüketim miktarları arasında %1 önem düzeyinde ikinci dereceden doğrusal ilişkiler bulmuşlardır. Çalışmada verim tepki etmeni (ky), ilk yıl 1.08, ikinci yıl ise 1.61 olarak saptanmıştır.

Su Kullanım Randımanları

Deneme konuları için belirlenen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) sonuçları, Çizelge 5'de verilmiştir. Çalışmada elde edilen

dekar başına en yüksek biyomas verim değerleri, uygulanan toplam sulama suyuna bölünerek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE); mevsimlik su tüketimine bölünerek ise toplam su kullanım randımanı (WUE) hesaplanmıştır.

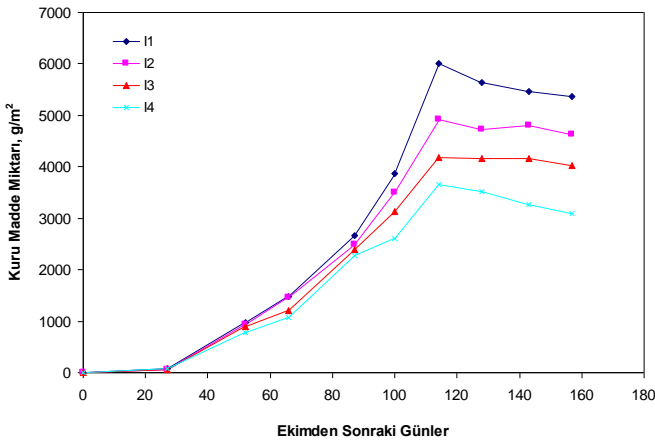
Çizelge 5. Sorgum Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Kullanım Randımanları

Konular	IWUE, (kg.m ⁻³)	WUE, (kg.m ⁻³)
I1	12.53	10.20
I2	12.43	9.50
I3	13.58	9.40
I4	16.07	9.60

Şimşek ve Gerçek (2005), yapmış oldukları çalışmada toplam su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerlerinin, konulara ve yıllara göre önemli bir değişim göstermediğini belirtmişlerdir. Lyle ve Bordovsky (1995), çalışmalarında IWUE değerini, 1.9 kg m⁻³; Musick ve Dusek (1980) 1.25-1.46 kg m⁻³ arasında; Köksal (1995) ise WUE değerinin Çukurova koşullarında 1.38-1.80 ve 0.87-3.19 kg.m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gençoğlu (1996), Çukurova koşullarında yürütmüş olduğu çalışmasında, IWUE değerini 1.02-2.43 kg m⁻³ ve WUE değerini ise 0.22-125 kg m⁻³ arasında, Çetin (1994) ise IWUE değerini Harran ovası koşullarında yürüttüğü mısır denemesinde 0.570-0.795 kg.m⁻³ arasında saptamıştır.

Kuru Madde Miktarı (Biyomas)

Deneme konularından elde edilen toprak üstü kuru madde verimlerinin bitki gelişme dönemi boyunca değişimleri Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 6. Sorgum bitkisinin kuru madde miktarının gelişme dönemi boyunca değişimi

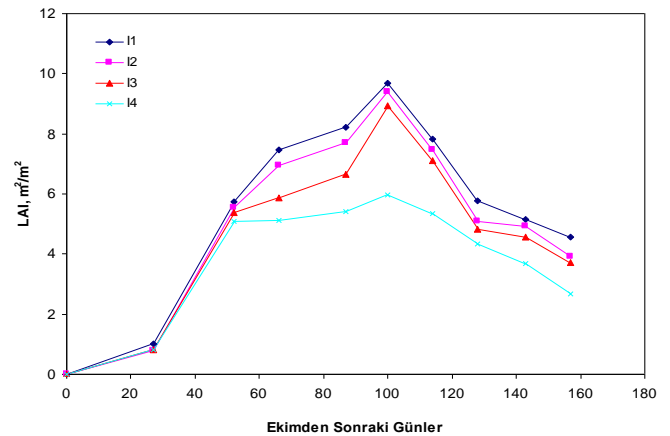
Anılan şekilden görüleceği gibi, bitki gelişim sürecinde en yüksek kuru madde miktarı I1 tam sulama konusundan elde edilmiştir. I1 konusunu sırası ile I2, I3, I4 sulama konuları takip etmiştir.

Salman ve Budak (2015), sorgum üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, 2 konumun ortalama sonuçlarını ele almışlardır. Bayındır konumuna ait kuru madde verimini (4146.9 kg da⁻¹) olarak, Ödemiş lokasyonuna (3825.3 kg da⁻¹) göre daha yüksek bulmuşlardır. Çeşitlerin lokasyon ortalama verileri incelendiğinde ise, en yüksek kuru madde veriminin 5210.3 kg da⁻¹ ile Greengo çeşidinden elde edildiğini ve onu 4088.4 kg da⁻¹ kuru madde verimiyle Gardavan çeşidinin izlediğini saptamışlardır. Nutri Honey çeşidi 2988.9 kg da⁻¹ ile en düşük kuru madde verim değerini ortaya koyarken, Aneto çeşidi 3656.7 kg da⁻¹ kuru madde verimi değerini ortaya koymuştur.

Özköse ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada, çeşit x sıra arası etkileşimleri analiz etmişlerdir. Çeşit ortalamları arasında en yüksek kuru madde verimini (3033.3 kg da⁻¹) ile Jumbo çeşidinden elde edilmiş, bunu sırası ile Bovital (2677.5 kg da⁻¹), Rona (2507.9 kg da⁻¹) ve Bianca (1807.7 kg da⁻¹) çeşitleri takip etmiştir. Sıra arası mesafelerde ise en yüksek kuru madde verimi (2729.6 kg da⁻¹) ile 30 cm sıra arası mesafeden elde edilmiş ve bunu sırası ile 20 cm (2602.8 kg da⁻¹), 25 cm (2599.4 kg da⁻¹), 35 cm (2531 kg da⁻¹), 40 cm (2393.1 kg da⁻¹) ve 45 cm (2183.7 kg da⁻¹)'lik sıra arası mesafelere yapılan ekim ortalamları izlemiştir. Çeşit x sıra arası etkileşiminin ise kuru madde verimi (3422.3 kg da⁻¹) (Jumbo x 30 cm) ile 2183.7 kg da⁻¹ (Bianca x 45 cm) arasında değiştiğini saptamışlardır.

Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Deneme konularına ilişkin yaprak alan indekslerinin zamana göre değişimi

Anılan şekilden görüleceği gibi, bitki gelişim sürecinde en yüksek yaprak alan indeks değerleri I1 sulama konusundan elde edilmiştir. Sonra bu konuyu sırası ile I2, I3, I4 sulama konuları takip etmiştir. Kaplan ve Kara (2014), yapmış oldukları çalışmada, denemenin ilk yılında en düşük yaprak alan indeksi değerini Nes çeşidinden elde etmişlerdir. En yüksek LAI değerinin ise GÖZDE 80 çeşidinden elde edildiğini belirtmişlerdir. Çiçeklenme dönemi yaprak alan indeksi değerleri, ilk yılda 4.05-5.54 arasında, ikinci yılda 3.33-4.75 arasında, yıllar ortalamasında ise 3.96-5.12 arasında değiştiğini saptamışlardır. Ramazanzadeh ve Asgharipour (2011), yapmış oldukları çalışmada en yüksek LAI değerlerinin çiçeklenme döneminde elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kuru Madde Verimi, Özsu Verimi, Brix Değeri, Şeker ve Etanol Verim Ortalamaları

Çalışmada konulara göre elde edilen kuru madde verimi, özsu miktarı, brix ölçümü, şeker ve etanol verim sonuçları, Çizelge 6'da verilmiştir. Anılan çizelgeden, farklı sulama düzeylerinin brix değeri hariç diğer incelenen özelliklerden kuru madde, özsu, şeker ve biyoetanol verimleri üzerine istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Araştırmada, kuru madde veriminin 6006.70 ile 3661.80 kg da⁻¹ arasında, özsu veriminin 3997 ile 2310 kg da⁻¹ arasında, şeker veriminin 612 ile 354 kg da⁻¹ arasında ve biyoetanol veriminin ise 326 ile 189 L da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Brix değerleri ise %15.3 ile 15.8 arasında değişim göstermiştir. İncelenen ve istatistiki olarak önemli çıkan özelliklerin ortalamaları, su düzeylerinin azalmasına paralel olarak düşmüştür.

Çizelge 6. Kuru Madde Verimi, Özsu Verimi, Brix Ölçümü, Şeker ve Etanol Verimi

SD	Kuru Madde Verimi (kg da ⁻¹)	Özsu Verimi (L da ⁻¹)	Brix (%)	Şeker Verimi (kg da ⁻¹)	Ethanol Verimi (L da ⁻¹)
I1	6007.40 a	3997 a	15.3	612 a	326 a
I2	4916.50 ab	3080 b	15.8	487 b	259 b
I3	4180.70 b	2346 c	15.7	367 c	195 c
I4	3661.80 b	2310 c	15.3	354 c	189 c
Ort.	4691,60	2933	15.5	455	242
CV (%)	11.83	8.12	4.58	7.39	7.39
F	**	**	ÖD	**	**

Yücel ve ark. (2018), Çukurova ikinci ürün koşullarında yürütmüş oldukları çalışmada, iki yıllık birleştirilmiş ortalamalara göre kuru madde veriminin genotiplere bağlı olarak 1453 ile 7925 kg da⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Tatlı sorgumda özsu veriminin Söke/Aydın koşullarında, 675.7- 750.7 L da⁻¹ arasında değiştiği (Kocaöner, 2014); Rahuri-Hindistan koşullarında 269-1137 L da⁻¹ arasında değiştiğini (Chavan ve ark., 2009); Çukurova ikinci ürün koşullarında 2202.0 ile 6737.0 L da⁻¹ arasında değiştiği (Yücel ve ark., 2018) saptanmıştır. İki yılı birleştirilmiş ortalamalara göre brix değerinin genotiplere bağlı olarak %10.75 ile %20.75 arasında değiştiği saptanmıştır (Yücel ve ark., 2018). Subramanian (2013), ortalama brix değerininin % 6.2-20.7 arasında değiştiğini, şeker verimi ile özsu arasında önemli ve olumlu bir ilişkinin bulunduğunu belirtmiştir. Şeker veriminin 106.7-118.6 kg da⁻¹ arasında (Kocaöner, 2014); Pekin-Çin koşullarında 130-740 kg da⁻¹ arasında (Zhao ve ark., 2009); Antalya koşullarında 61.2-638.1 kg da⁻¹ arasında (Erdurmuş ve ark., 2018) değiştiği saptanmıştır. Murray ve ark. (2009), yapmış oldukları çalışmada 1320 kg.da⁻¹ toplam şeker

elde edildiğini ve bunun 768.2 L da⁻¹ etanola eşdeğer olduğunu bildirmişlerdir. Etanol veriminin 56.78 ile 63.5 L da⁻¹ arasında değiştiği (Kocaöner, 2014); Louisiana-ABD ekolojik şartlarında 302 ile 406 L da⁻¹ arasında değiştiği (Ricaud ve Arceneaux, 1990); Teorik etanol veriminin 102.8 L da⁻¹ ile 741.4 L da⁻¹ arasında değiştiği (Yücel ve ark., 2018); Pekin koşullarında 486.7 ile 1303.2 L da⁻¹ arasında değiştiği (Zhao ve ark., 2009); Arizona koşullarında 81.16 ile 345.85 L da⁻¹ arasında değiştiği (Teetor ve ark., 2011) saptanmıştır.

Önceki çalışmalarda incelenen özelliklerden elde edilen ortalamaların, bulgularımızla benzer veya farklı olduğu görülmektedir. Çalışmaların yürütüldüğü ekolojik koşulların, yetiştirme tekniğinin ve araştırmada yer alan genotiplerin farklı olması nedeniyle elde edilen sonuçların farklı olması beklenen bir durumdur. Kaldığı, bulgularımızda elde edilen en düşük su seviyesi uygulamalarının bile önceki çalışmalarda elde edilen bulgulara eşdeğer veya yüksek olduğu da görülmektedir. Araştırmadan elde edilen verilere göre, Adana koşullarında sorgum bitkisinin yetiştirme dönemleri içerisinde konulara uygulanan sulama suyu miktarları I1

konusu için 479.6 mm, I2 konusu için 395.6 mm, I3 konusu için 307.7 mm ve I4 konusu için 227.8 mm olarak ölçülmüştür. Mevsimlik gerçek bitki su tüketim değerleri ise, I1 konusu için 588.5 mm, I2 konusu için 518.6 mm, I3 konusu için 442.9 mm ve I4 konusu için 380.4 mm arasında değişmiştir. Konulara göre sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 16.07 kg m⁻³ ile 12.43 kg m⁻³ arasında saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 10.2 kg m⁻³ ile 9.4 kg m⁻³ arasında gerçekleşmiştir. Deneme konularından elde edilen verim tepki etmeni (ky) değeri 1.17 olarak belirlenmiştir. Çalışmada farklı sulama koşulları altında brix (%) değerlerinde farklılık gözlenmemiştir. Şeker verimleri 612 kg.da⁻¹ ile 354 kg.da⁻¹ arasında değişmiş olup, tam sulama (I1) konusunda en yüksek şeker değeri elde edilmiştir. Çalışmada konulara göre elde edilen kuru madde verimi 6007.4 kg da⁻¹ ile 3661.8 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, tam sulanan konuda en yüksek kuru madde miktarı elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen biyokütle verimi, 8733 kg da⁻¹ ile 13300 kg da⁻¹ arasında, biyoetanol verimi ise 189 L da⁻¹ ile 326 L da⁻¹ arasında değişmiştir.

ÖZET

Amaç: Son yıllarda meydana gelen iklim değişiklikleri nedeniyle suyu etkin kullanan tarımsal ürünler önemli konuma gelmiş durumdadır. Tatlı sorgumun kurağa ve yüksek sıcaklığa diğer ürünlere göre daha toleranslı olması nedeniyle, bitkinin farklı su düzeylerinin bilinmesi önemli olmaktadır. Çalışma, Çukurova koşullarında ikinci ürün tatlı sorgumda farklı su düzeylerinin biyokütle ve bioetanol verimlerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Araştırma, 2017 yılında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma Alanında, tesadüf blokları deneme deseninde, 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Denemede, bitki gelişim dönemleri boyunca farklı sulama suyu düzeyleri (I1, I2, I3, I4) uygulanmıştır. Araştırmada, deneme konularına 479.6 mm ile 227.8 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır.

Genel Yorum: Çalışmada farklı su düzeylerinin kuru madde verimi ve biyoetanol verimleri üzerine istatistikî olarak önemli etkide bulunduğu, kuru madde veriminin 6007.4 kg da⁻¹ ile 3661.8 kg da⁻¹ arasında, biyoetanol veriminin ise 189 L da⁻¹ ile 326 L da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 16.07 kg m⁻³ ile 12.43 kg m⁻³ arasında saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 10.2 kg m⁻³ ile 9.4 kg m⁻³ arasında gerçekleşmiştir. Deneme konularından elde edilen verim tepki etmeni (ky) değeri 1.17 olarak

belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Farklı sulama suyu düzeylerinin uygulandığı araştırmada en yüksek verim tam sulanan (I1) konusundan, en düşük verim ise en az sulama suyu uygulanan (I4) konusundan elde edilmiştir. Sulama suyu düzeylerine göre verimlerde paralel olarak düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sorgum, kısıntılı sulama, verim, su kullanım randımanı, biyoetanol, biyokütle

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada emeği geçen tüm çalışanlara ve Bölüm Araştırma Projesi, Proje No: FBA-2017-9119 kapsamında destek veren Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Al-Kaisi MM, Broner I (2010) Crop Water Use and Growth Stages. Fact Sheet No. 4,175. Colorado State University, United State.
- Almodares A, Hatamipour MS (2011) Planting Sweet Sorghum Under Hot and Dry Climatic Condition for Bioethanol Production. World Renewable Energy Congress-Sweden.
- Baştuğ R (1987) Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerinde Bir Çalışma (Doktora). Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Kültürteknik Anabilim Dalı, Adana. 121s.
- Chavan UD, Patil J, Shinde MS (2009) An assessment of sweet sorghum cultivars for ethanol production. Sugar Tech. 11: 319-323.
- Çetin Ö (1994) Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi. K.H.Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No:90/63, Şanlıurfa
- Dhonde PW, Patil BB, Pawar AD (1986) Irrigation scheduling to rabi sorghum on the basis of physiological growth stages. Sorghum News Letter, 29: 50-51.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) Yield response to water. FAO irrigation and drainage No.33. FAO, Rome, Italy 194p.
- Emeklier YH, Köksoy FN (1997) Sorgum (*Sorghum bicolor* L, Moench)' da Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığının Verim Ögelerine Etkisi. Ankara Üni. Tarım Bil. Der., 3(3):20-28.

- Erdurmuş C, Yücel C, Cınar Ç, Yegin AB, Öten M (2018). Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. *Int. J. Eng. and Sci.*, 7 (11):21.26.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL (1985) *Physiology of Crop Plants*. Iowa State Univ. Press, 327 s.
- Gençoğlan C, Yazar A (1999) Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23: 233-241.
- Gençoğlan C (1996) Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreyle Uyumluluğunun İrdelenmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 220 s
- Howell TA Cuenca RH, Solomon KH (1990) Crop Yield Response. "Management of Farm Irrigation Systems. Edit. G.J. Hoffman et al.," ASAEMONOGRAPH, St. Joseph, Michigan, USA.
- Kanber R, Güngör H (1986) Açık Su Yüzeyi (Class A Pan) Buharlaşmasının Sulama Programlarında Oluşturulmasında Kullanılması. *Köy Hizmetleri* 433 No'lu Bitki Su Tüketimi Ana Projesi, 5 Numaralı Ek Talimat, Eskişehir, 25 s.
- Kanber R (1984) Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Verimlerinin Sulanması. *Bölge Toprak Araş. Enst. Yay.* 114 (64), Tarsus, 93.
- Kaplan M, Kara R (2014) Silaj Sorgum'da Bazı Fizyolojik Özelliklerin Verim Üzerine Etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (3), 20-31.
- Kocaöner N (2014) Tatlı Darı (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) ve Yemlik Karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. ve Nakai var. *citroides* (Balley) Mansf.)'un Söke/Aydın Koşullarına Adaptasyonu Üzerine Araştırmalar E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Köksal H (1995) Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreyle Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi. 199 s.
- Lyle WM, Bordovsky JP (1995) LEPA corn with limited water supplies. *Transaction of the ASAE*. 38: 2455-462
- Mitchell RL (1970). *Crop Growth and Culture*. Iowa State Univ. Press., 349 p.
- Murray SC, Rooney WL, Martha T, Hamblin MT, Sharon E. Mitchell SE, Kresovich S (2009) Sweet sorghum genetic diversity and association mapping for brix and height. *Plant Genom.* 2:48-62
- Musick LT, Dusek A (1980) Irrigated corn yield response to water. *Trans. ASAE*. 23(1): 92-98,103.
- Naescu V, Nita C (1991) Influence of irrigation on forage crops under the conditions of Fundulea. *Probleme de Agrofitotehnie Teoretica Si Aplicata*. 13, 141-146.
- Özbek H, Dinç U, Kapur S (1974) Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:73, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler No:8, ADANA, 149s.
- Özköse A, Mülayim M, Acar R (2005) Konya Koşullarında Silajlık Sorgum Çeşitlerinde Farklı Ekim Sıklıklarının Bazı Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi. *Selçuk Tar Bil Der*, 2(1):10-18.
- Ramazanzadeh S, Asgharipour MR (2011) Physiological growth responses of sorghum genotypes to impairment of plant photosynthesis using potassium iodide. *Aust. J. Basic App. Sci.*, 5(11): 1884-1890.
- Ricaud R, Arceneaux A (1990) Sweet sorghum research on biomass and sugar production in 1990, Report of projects, Louisiana Agricultural Experiment Station, Department of Agronomy, Louisiana State University, 136-139pp
- Roberts MJ, Long SP, Tieszen LL, Beadle CL (1985) Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production. *Techniques In: Bioproductivity and Photosynthesis*. Eds. J., Coombs; D.O., Hall; S.P., Long; J.M.O., Scurlock. England, 1:1-24.
- Salman A, Budak B (2015). Farklı sorgum x sudanotu melezi (*sorghum bicolor* x *sorghum sudanense* stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 12(2) : 93-100
- Samson F, Knopf F (1994). *Prairie conservation in North America*. *Bioscience* 44:418-421.
- Şimşek M, Gerçek S (2005) Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L. *indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 36 (1): 77-82.
- Stegman BA, Hanks RJ, Musick JT, Watts DG (1981) Irrigation Water Management Adequate or Limited Water Irrigation Challenges at the 80's Proceeding of the ASAE Second National Irrigation Symposium, Oct. 20- 23, 1980 Univ. of Nebraska. Pub. ASAE, St Joseph, MI. 154-165.
- Subramanian SK (2013) Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production. Department of Agronomy College of Agriculture. Ph.D. Thesis, Kansas State Univ Press, Kansas.187p.

- Solaimalai A, Ravisankar N, Chandrasekaran B (2001) Water management to sorghum - a review. Department of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India Agric. Rev., 22(2):115-120.
- Teetor VH, Duclos DV, Wittenberg ET, Young KM, Chawhuaymak J, Riley MR, Ray DT (2011) Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona, Indust. Crops Prod., 34(2):1293-1300.
- USSL (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook, No:60, 160s., USA
- Yurtsever N (1984) Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yay, Genel Yayın No: 56, Ankara
- Yücel C, İnal İ, Hatipoğlu R, Gündel F, H. Yücel H, Dweikat I vd. (2018) Farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin Çukurova ve GAP bölgelerinde biyo-etanol Üretim potansiyellerinin saptanması. Tübitak, 114O945 Nolu Proje Sonuç Raporu, 293s.
- Zhang HP, Wang XY, You MZ, Liu CM (1999) Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain. Irri. Sci., 19:37-45.
- Zhao YL, Dolat A, SteinbergerY, Wanga X, Osman A, Xie GH (2009) Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel, Field Crops Research, 111:55–64pp



Evaluation of agricultural fields in terms of soil productivity and environmental health in the industrial zone

Sanayi bölgesindeki tarım alanlarının toprak verimliliği ve çevre sağlığı açısından değerlendirilmesi

Serdar POLAT¹ , Korkmaz BELLİTÜRK² , Meryem METİNOĞLU³ 

¹Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Tekirdağ, Turkey.

²Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tekirdağ, Turkey

³Tekirdağ Namık Kemal University, Department of Nursing, School of Health, Tekirdağ, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:19.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Industry, Soil, Organic matter, Macro element, Micro element, Soil pollution

Corresponding author: Korkmaz BELLİTÜRK

✉: kbelliturk@nku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The aim of this study is to emphasize the effects of environmental pollution caused by heavy industrial factories on agricultural land and its possible effects on living organisms.

Methods and Results: This research was carried out for total 28 soil samples which were taken at 0-20 cm depth from fields (50-250 m) which are next to the some factories from Murtlı-Çerkezköy-Çorlu country side of Tekirdağ province which are thought to be the best for good agriculture. The soil texture, pH, salinity, lime (as CaCO₃), organic matter, N, P, K, Ca, Mg and S elements were analyzed and the statistical analysis was performed. According to analysis, the soil pH values indicated the research soils as low acidic (between 5.66 and 5.92) class. Soil texture mostly was "loamy" and "clay loamy" class. Saltiness (average 0.023 %) was not problem for common agriculture. Lime (CaCO₃) (average 0.21%) was also not a problem and only 6 samples were shown with "low lime" in these soil samples. Organic matter levels were between 0.1% and 1.5%. Total N was as such organic matter and < 0.09 % called "low". The average potassium levels were found in three sides "140-370 mg kg⁻¹" respectively.

Conclusions: This was a known fact that the factories which are mostly heavy industry should not be built near the agricultural areas. However we can show the many heavy industries close to field in the research areas. As a result of such areas, it is possible that many changes will occur in the air, water and the soil, to deteriorate the ecological balance and to have a direct or indirect impact on human health. It is known that they can make toxic effects especially when they exceed the limit values depending on the amount of some elements in the soil and the duration of the interaction.

Significance and Impact of the Study: Because of this reason, it is necessary that such studies should be done frequently and likely to test the accumulation of the heavy metals in agricultural soils and to find a solution by phytoremediation techniques for the healthier and clean agricultural production. This research supports to these suggestions.

Atıf / Citation: Polat S, Bellitürk K, Metinoğlu M (2019) Evaluation of agricultural fields in terms of soil productivity and environmental health in the industrial zone. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :222-231

GİRİŞ

Trakya Bölgesi tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bir bölge olmakla birlikte yer yer yoğun olarak lokalize olmuş endüstriyel-sanayi alanları (Tekirdağ Çorlu-Çerkezköy-Muratlı, Kırklareli Lüleburgaz ilçeleri vb.) bulunmaktadır. Tüm bu alanların etrafında tarımsal faaliyetler aktif bir şekilde sürdürülmektedir. Bölgenin tarım ve sanayi bakımından en aktif ili Tekirdağ'da, dönem dönem hava, su ve toprak kirliliği (Ergene havzası, Çorlu deresi vb. yerlerdeki çevre kirliliği) ciddi riskler oluşturabilecek seviyelere çıkmaktadır. Bu dönemlerde üst solunum yolu enfeksiyonları, kadınlarda düşük vakaları, değişik kanser olguları ve cilt sorunları gibi rahatsızlıkların hat safhalara ulaştığı gözlenmektedir. Bunlara ilişkin olarak toprağın, beslenmedeki yeri ve önemine istinaden aktif tarım alanlarının özellikle de sanayi bölgesindeki toprakların analizlerinin sürekliliği önem kazanmaktadır.

Geleneksel tarım yöntemi daha fazla ürün elde etme esasına dayanır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; bu anlayışla gerek gübrelerin gerekse tarımsal ilaçların bilinçsizce kullanımı, bitkisel üretimde miktar artışının yanında kalitesiz ve insan sağlığını tehdit edecek ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sanayileşmeden kaynaklanan çevre kirliliğinin de etkisiyle soframıza gelen tarımsal ürünlerin doğallığı ve güvenilirliği neredeyse kalmamıştır. Son yıllarda günümüz tarımında kullanılan kimyasal ilaçların ve gübrelerin neden olduğu çevre kirliliği ve bu kirlenmenin insan sağlığı üzerindeki etkileri yoğun bir biçimde tartışılmaktadır (Bellitürk, 2005; Bellitürk, 2008; Bellitürk ve ark., 2015; Shrestha ve ark., 2019).

Önemli çevresel kirlenici olan ağır metallerin düşük konsantrasyonları bile zehirlidir. Zehirli metallerle birlikte biyosferin kirlenmesi endüstriyel gelişimin başlamasıyla çarpıcı bir şekilde hızlanmıştır (Nriogo, 1979). Ayrıca Jeolojik formasyonlardan ve mangan içeren suni gübrelerden içme suyuna yüksek konsantrasyonlarda bulaş olduğunda Alzheimer hastalığına yol açabilmektedir (Duman, 2006).

Gelişen teknoloji ile birlikte beslenmemizi sağladığımız toprakların gün geçtikçe doğal yapılarının bozulması ve toprak kirliliğinin artması sonucu meyve, sebze ve tarımsal ürünlerin yetiştirildiği alanlarının her geçen gün azalması da söz konusudur. Bu çevresel kirlenici toprağın flora ve faunasını etkileyen kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerdir. Bu kirlilik kaynakları kirlenici unsurların oluşumu, birikimi ve taşınması açısından başta toprağın kirlenmesine ve buna bağlı olarak ağır metal kirliliğine, yer altı suyu kirliliğine, sediment kirliliğine, akarsu, nehir, göl kirliliğine ve sonuçta deniz kirliliğine sebep olurlar (Algan ve Bilen, 2005). Su ve toprak

kirliliğinden kaynaklanan etmenler başta gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri büyütmede, daha sonrasında ise insanlar üzerindeki kanserojen hastalık riskini ciddi boyutlarda artırmaktadır (Lu ve ark., 2015). Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, plansız endüstrileşme, doğal kaynakların ölçsüz kullanılması kirliliğin en önemli faktörleridir. Doğal çevreyi oluşturan toprak, su ve havanın kimyasal özelliklerinin canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması "kimyasal kirlenme"dir. Çevremizde ne kadar çok kimyasal madde varsa sağlığımız o ölçüde tehlikeye girmektedir. Çeşitli fabrika katı ve sıvı atıklarının verimli tarım arazilerine veya akarsu ve nehirlere boşaltılması söz konusu tarım topraklarının, akarsu ve göllerinin zararlı ağır metallerle kirlenerek kimyasal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir (Özsavaş, 2015). İnsan sağlığını etkileyen tüm ekosistem düşünüldüğünde çevre kirliliğinin hava, toprak ve su kirliliği olarak üçlü bir kombinasyonda ele alınarak yapılacak çalışmaların bu doğrultuda ele alınması gerekir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Piyasalarda ağır metal içeren gübreler bulunmaktadır. Geleneksel gübreleme ile de bu tür ağır metaller toprağa katılabilmekte, özellikle yoğun gübreleme uygulamalarında bu tür istenmeyen ağır metal artışı ile karşılaşabilmektedir (Hatipoğlu ve Alpaslan, 1994). Denemede seçilen Tekirdağ ili, zaman zaman aşırı ve yanlış kimyasal gübre ve tarım ilaçlarının kullanılmasına yönelik toprak ve çevre kirliliği baskısını yaşarken, söz konusu kirlenmiş tarım alanlarının bazılarının fabrika yakınlarında olmasının olası dezavantajları da araştırma konusu ve bu yörenin seçimindeki gerekçemizi ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada çok sayıda fabrikanın bulunduğu Tekirdağ ilinin Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçelerindeki bazı fabrika bitişindeki aktif olarak tarımsal üretim yapılan alanlardan alınan toprak örneklerinde bazı kimyasal ve fiziksel analizler yapılmış ve sonuçları hem önceki çalışmalar ile kıyaslanmış, hem de insan ve çevre sağlığına olan olası etkileri bakımından değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Denemenin planlanması ve toprak örneğinin alınması Bu çalışma, Tekirdağ ili, Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçelerinde çok sayıda bulunan ve tarım arazilerine de yakınlığı ile bilinen aktif haldeki büyük ölçekli olduğu bilinen bazı fabrikalara 50-250 metre uzaklıktaki mesafeye sahip alanlardan toplamda 28 tane 0-20 cm derinlikten bölgeyi en iyi temsil edecek şekilde toprak örnekleri alınarak yürütülmüştür. Toprak örneklerinin

alınması esnasında, örnek alınan noktalarda GPS (Global Positioning System) cihazı yardımı ile koordinatları belirlenerek kayıt edilmiştir. Söz konusu fabrikaların bitişiği sayılabilecek mesafedeki alanda örneklemenin yapıldığı zamanda aktif olarak tarımsal üretim (buğday,

ayçiçeği, kanola vb yetiştiriciliği) yapılmaktadır. Örnek alınan yerler, fabrika isimleri ifşa edilmeden, bilinenlerin sanayi tipleri de olacak şekilde koordinatlarına göre Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek alınan yerlere ait bilgiler ve koordinatları

İlçeler	Örnek No	Kuzey Boylam	Doğu Enlem	Özellik/Yöney (Fabrikaya Göre)
Muratlı	1	41°12.258'	27°31.341'	Aluminyum sanayi / Kuzey Batı
	2	41°12.338'	27°31.346'	
	3	41°11.203'	27°30.874'	Yağ ve Boya Sanayi /Güney Doğu
	4	41°11.171'	27°30.942'	Baskı Boya Tesisleri /
	5	41°14.653'	27°32.709'	/ Kuzey
	6	41°14.704'	27°32.731'	
	7	41°15.053'	27°32.357'	/ Güney
	8	41°14.989'	27°32.322'	/ Güney
Çerkezköy	1	41°16.259'	27°56.094'	Kesif Koku Mevcut / Kuzey Batı
	2	41°16.292'	27°56.172'	Kesif Koku Mevcut / Güney Batı
	3	41°17.041'	27°57.512'	Mensucat / Batı
	4	41°17.017'	27°57.541'	Batı
	5	41°18.601'	27°59.249'	Erimiş Plastik Kokusu / Batı
	6	41°18.542'	27°59.287'	
	7	41°19.910'	27°57.833'	Küçük Organize Sanayi / Doğu
	8	41°19.933'	27°57.859'	
	9	41°23.780'	27°55.509'	Beton Sanayi / Güney
	10	41°23.784'	27°55.551'	/ Güney
Çorlu	1	41°16.456'	27°58.745'	/ Güney
	2	41°16.428'	27°58.724'	
	3	41°16.426'	27°57.834'	Testil Sanayi / Güney Batı
	4	41°16.449'	27°57.853'	Pen Sanayi / Kuzey Batı
	5	41°15.540'	27°54.360'	İzolasyon Sanayi /Kuzey Doğu
	6	41°15.539'	27°54.318'	
	7	41°15.337'	27°54.088'	Koku ve Göz Yanması Mevcut
	8	41°15.350'	27°54.044'	Jeans Sanayi
	9	41°14.454'	27°52.157'	ASB Serbest Bölge Girişi
	10	41°14.500'	27°52.180'	

Toprak analizleri

Alınan toprak örneklerinde pH, EC (tuzluluk), kireç, organik madde, tekstür, N, P, K, Ca, Mg, S analizleri yapılmıştır.

Toprak örneklerinin tekstür analizleri, saturasyon yöntemine göre yapılmış ve tekstür sınıfları tespit edilmiştir (Tüzüner, 1990). Toprak örneklerinin pH analizleri (1:2.5 toprak:su) cam elektrotlu pH metre yöntemi ile belirlenmiştir (Sağlam, 2012). Toprak örneklerinin toplam N, Kjealdahl buhar damıtma yöntemine göre, bitkiye yararlı fosfor ise “Olsen” yöntemine göre, organik madde ise Walkley-Black yöntemine göre analiz edilmiştir (Sağlam, 2012). Değişebilir katyonlar (Ca, Mg ve K) flame fotometre yöntemine göre, toprakta (1:2.5 toprak:su) tuzluluk ise EC-metre ile ölçülmüştür (Greweling ve Peech, 1960).

Toprakların içerdiği kireç (CaCO₃) miktarları ise Scheibler Kalsimetre yöntemine göre belirlenmiştir (Allison ve Moodie, 1965). Topraklardaki toplam S ise, nitrik asit ve perklorik asit ile yaş yakılan toprak örneğinde bulunan toplam S oksitlenerek sülfata dönüştürüldükten sonra Kacar (2019) yöntemiyle belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen değerler MSTAT paket programına göre varyans analizine tabi tutularak, ortamlar arasındaki farklılıkların önemliliği LSD ile test edilmiştir (Akdemir ve ark., 1994).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Alınan toprak örneklerinde pH, EC (tuzluluk), kireç, organik madde ve tekstür analizleri yapılmış ve elde

edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. İncelenen toprak numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerden sadece Çorlu lokasyonundaki toprak pH değerleri istatistikî

olarak önemli bulunmuş, diğer parametrelere ait farklar istatistikî olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

İlçeler	Örnek No	Tekstür Sınıfı	Tekstür (Doğunluk)	pH (1/2.5)	Tuz (%)	CaCO ₃ (%)	Org. Mad. (%)
Muratlı	1	Tın	38.50	4.67	0.01	0.00	0.67
	2	Tın	38.50	4.58	0.00	0.00	0.35
	3	Killi Tın	57.20	7.38	0.03	0.00	0.92
	4	Killi Tın	59.40	7.41	0.03	1.22	0.28
	5	Killi Tın	51.70	4.45	0.01	0.00	1.40
	6	Killi Tın	50.60	5.30	0.02	0.00	0.83
	7	Killi Tın	56.10	7.32	0.04	0.81	1.25
	8	Tın	37.40	4.73	0.06	0.00	0.46
	Ortalama		48.67	5.73	0.02	0.03	0.77
LSD _{0.05}		öd	öd	öd	öd	öd	
Çerkezköy	1	Killi Tın	53.35	4.99	0.05	0.00	1.34
	2	Killi Tın	57.75	5.84	0.02	0.61	0.81
	3	Tın	41.25	6.12	0.05	0.00	0.92
	4	Tın	42.35	4.71	0.01	0.00	0.87
	5	Tın	39.05	5.52	0.01	0.00	1.16
	6	Tın	48.40	6.76	0.02	0.00	1.05
	7	Tın	44.00	5.46	0.01	0.00	1.15
	8	Killi Tın	56.10	6.36	0.03	0.00	1.30
	9	Tın	40.70	5.31	0.05	0.00	1.16
	10	Tın	47.30	5.54	0.01	0.00	0.97
Ortalama		47.02	5.66	0.03	0.06	1.07	
LSD _{0.05}		öd	öd	öd	öd	öd	
Çorlu	1	Killi Tın	56.10	5.35 a	0.02	0.00	1.12
	2	Killi Tın	51.70	5.02 a	0.01	0.00	0.97
	3	Tın	39.60	5.66 a	0.00	0.00	1.08
	4	Killi Tın	51.15	5.08 a	0.01	0.00	0.94
	5	Tın	36.85	5.96 ab	0.00	0.00	1.01
	6	Killi Tın	56.10	7.44 b	0.03	0.52	0.61
	7	Killi Tın	50.60	5.47 a	0.02	0.00	1.52
	8	Killi Tın	50.60	6.72 ab	0.02	1.99	1.48
	9	Tın	49.50	7.55 b	0.02	0.73	1.14
	10	Tın	45.10	5.00 a	0.01	0.00	1.21
Ortalama		48.73	5.92	0.02	0.32	1.11	
LSD _{0.05}		öd	1.78	öd	öd	öd	

Toprak örneklerinin genellikle tın ve killi tın tekstür sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Yörede daha önce yapılan çalışmalar elde edilen sonuçları destekler niteliktedir (Bellitürk, 2005; Bellitürk, 2011). Toprakların pH değerleri çoğunlukla nötr ve asit sınıfına girdiği için yüksek oranda kireç içermeleri beklenmez. pH değerleri açısından sadece Çorlu ilçesi topraklarında 6 örnek (çoğunlukla) asidik sınıfına girerken 2’şer numune hafif asidik ve hafif bazik bulunmuştur. Çerkezköy ilçesindeki tarım topraklarının büyük çoğunluğunun asit sınıfında

olduğu bilinmektedir. Fakat bu araştırmada örnekleme yeri olarak seçilen toprakların Muratlı ve Çorlu’dakilerin de çoğunlukla asit karakterli toprak sınıfına girmesine sebep olarak bu toprakların fabrikalara yakın alandan alınmasında fabrika bacalarından çıkan SO₂ gazından kaynaklandığı düşülmesinin yanında toprağa uygulanan kimyasal gübrelerin cins ve miktarları ile yağmur ve sulama sularının sülfat kapsamlarının da ekili olduğu bilinmektedir (Tabatabai ve Laflen, 1976). Dolayısıyla 28 toprak örneğinin 6’sında kireç (CaCO₃) tespit edilmiş olup

bunlarda kireç düzeyi %1 civarında olup az kireçli topraklar olduğunun da göstergesidir (Bellitürk, 2005; Bellitürk, 2008; Bellitürk, 2011). Bilinçsiz gübreleme/gübre (özellikle amonyum sülfat) kullanımı pH'yı düşürmektedir. Araştırma topraklarının tuz içerikleri Çizelge 3'ten incelendiğinde %0.0-0.15 arasında olduğu için "tuzsuz" toprak sınıfına girmektedir (Anonim, 1990; Anonim, 1991; Güneş ve ark., 1996; Güneş ve ark., 2010). Toprak tuzluluğu, bitkilerin su ve besin maddelerinin alımını olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla bu durum dengeli beslenme için uygun olmayan koşulları da beraberinde getirir (Eruz, 1979). Gıdalarla birlikte alınan mineral maddeler vücutta değişik fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlara neden olmaktadır. Hastalıklardan korunmak, sağlıklı ve dengeli bir yaşam sürdürmek için vitamin ve mineral değeri yeterli olan besinlerin tüketilmesi vücut sağlığı için gereklidir. Son yıllarda bazı besinlerin doğal yollardan alınmasıyla hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki etkinliğinin bilimsel olarak ortaya konulması, sağlığımızın korunmasında beslenme desteğinin önemini daha da arttırmıştır (Coşkun, 2005).

Kireçli topraklar elementel S'ün oksidasyonunun organik madde oluşumunun uyarılmasına ilişkin yapılan bir araştırmada; 0.24'ten 0.16'ya kadar düşüş gösteren pH değerinin tarla ve laboratuvar şartlarında topraktaki S miktarını 246 mg kg⁻¹'den 1455 mg kg⁻¹'e topraklardaki EC değerini ise 0,42 dS m⁻¹'den 0,48 dS m⁻¹'e çıkardığı belirlenmiştir (Cifuentes ve Lindemann, 1993). Bitkilerin arzulanığı düzeydeki toprak reaksiyonunun sağlanması, verimi arttıran bir durumdur. Asit toprakların kireçlenmesi önemli bir ıslah çalışmasıdır. Özellikle ağır metaller söz konusu olduğunda, toprak pH'sının bilinmesi çok önemlidir. Toprak pH'sının yükseltilmesiyle, bitkilerin ağır metal alımı arasındaki ilişkiler detaylı olarak ele alınmalı, bu konuda tarla ve sera denemeleri yapılmamalıdır.

Toprakların bazı makro element analiz sonuçları

Alınan toprak örneklerinde N, P, K, Ca, Mg ve S analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan istatistik değerlendirmede Çerkezköy ve Çorlu ilçelerinde fosfor değerlerindeki farklılık önemli bulunurken diğer kriterler istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı makro element içerikleri

İlçeler	Örnek No	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	S (ppm)
Muratlı	1	0.03	11.94	148.74	902.75	350.35	62.00
	2	0.02	11.75	124.74	547.70	205.09	44.70
	3	0.05	5.58	181.01	5394.40	1107.50	99.90
	4	0.01	3.66	207.30	9291.80	1248.00	101.80
	5	0.07	7.70	137.02	2509.90	1542.70	84.00
	6	0.04	9.36	183.03	3542.40	1768.10	96.10
	7	0.06	13.43	391.60	9129.30	1039.00	143.60
	8	0.02	9.86	159.36	759.18	213.66	52.10
	Ortalama	0.04	9.15	191.60	4009.67	934.30	85.52
LSD _{0.05}	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
Çerkezköy	1	0.07	9.57 bc	212.71	2912.62	1059.60	75.60
	2	0.04	7.98 c	244.71	6511.17	2370.03	85.85
	3	0.05	20.24 abc	96.89	1728.87	265.15	117.85
	4	0.04	13.85 bc	151.96	1362.20	434.71	45.40
	5	0.06	34.98 a	226.22	1436.16	391.30	33.95
	6	0.05	8.52 ab	274.02	4477.39	942.54	81.80
	7	0.06	9.29 bc	119.01	2322.38	894.70	97.70
	8	0.07	4.15 ab	264.26	6575.62	996.62	45.95
	9	0.06	13.36 d	200.16	2520.76	652.64	109.90
	10	0.05	7.73 abc	147.98	2520.86	921.86	46.25
Ortalama	0.05	12.97	193.79	3236.80	792.91	77.02	
LSD _{0.05}	öd	5.54	öd	öd	öd	öd	
Çorlu	1	0.06	6.37 ab	250.35	4398.37	1638.37	113.75
	2	0.05	11.91 ab	178.82	3583.27	1351.91	87.95
	3	0.05	15.54 a	95.66	1401.48	298.55	64.90
	4	0.05	9.27 a	204.04	2859.84	1010.04	81.00
	5	0.05	36.22 a	304.82	1004.50	268.03	111.00

	6	0.03	2.65 b	189.21	6738.93	887.36	160.95
Çizelge 3. (devamı)							
	7	0.08	9.90 a	135.17	2020.82	673.04	89.65
	8	0.07	5.69 a	221.77	5677.66	1725.66	65.85
	9	0.06	10.44 a	170.55	5128.21	1063.26	73.85
	10	0.06	32.33 a	161.26	2581.47	988.57	85.40
	Ortalama	0.06	14.03	191.17	3539.45	990.51	93.44
	LSD _{0.05}	öd	3.26	öd	öd	öd	öd

Ülkemiz tarım toprakları toplam N bakımından incelendiğinde genellikle % 80-90 civarında yetersiz durumdadır (Bellitürk, 2011). Bunun yegâne sebeplerinden ilki topraklardaki düşük organik madde olduğu bilinen bir gerçektir (Bellitürk, 2005). Ancak, yöredeki üreticileri bu durumu telafi etmek için organik gübre kullanmak yerine, genellikle daha fazla kimyasal azotlu gübre kullanmakta, bu durum da toprak ve taban sularında kirliliğe sebep olabilmektedir. Wilkinson ve ark. (2000), toprağa artan miktarda uygulanan azotun; P, K, Ca, Mg ve S'ün alınımını artırdığını ifade etmiştir.

Özetle topraklardaki besin dengesinin bozulmasına yanlış gübreleme ile neden olmak, faydadan çok zarar getirebilmektedir.

İncelenen toprak örnekleri yarıyıllık P açısından incelendiğinde Muratlı, Çerkezköy ve Çorlu ilçelerinden en düşük değer sırasıyla 3.66 ppm, 4.15 ppm ve 2.65 ppm olup (Çizelge 3) "az" sınıfına girmektedir. Toprak örneklerinin P içeriği farklılıklarının Çerkezköy ve Çorlu ilçesinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenirken; Çorlu ilçesindeki topraklara ait P içeriği farklılıklarının diğer ilçelere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). En yüksek değerler sırasıyla Muratlı için; 13.43 ppm, Çerkezköy için; 34.98 ppm ve Çorlu için; 36.22 ppm olup (Çizelge 3) "yeterli" ve "fazla" sınıfına girmektedir. Toprak örneklerinin K değerleri incelendiğinde Muratlı, Çerkezköy ve Çorlu ilçeleri için ortalama değerler sırasıyla 191.60 ppm, 193.79 ppm ve 191.17 ppm olup (Çizelge 3) "yeterli" sınıfına girmektedir. Ortalama Ca miktarı araştırmanın sürdürüldüğü yerlerde Muratlı, Çerkezköy ve Çorlu'da sırasıyla en düşük 547.70 ppm, 1367.20 ppm ve 1004.50 ppm arasında değiştiği görülmektedir (Anonim, 1990; Anonim, 1991; Güneş ve ark., 1996; Güneş ve ark., 2010). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda hem ilçeler arası hem de ilçe içi Ca örnekleri arasında istatistiksel bakımından fark ($P < 0.05$) bulunamamıştır (Çizelge 3). Yörede yapılan benzer nitelikte çalışmalar incelendiğinde genellikle toprakların K bakımından zengin olduğu görülmektedir (Bellitürk, 2004; Bellitürk ve Karakaş, 2010). Topraklarımız potasyumca zengin olarak bilinir ve tarımı yapılan bazı bitkiler dışında kullanımı pek yaygın değildir. Toprakta kolayca yıkanarak kaybolabilir ve

ortamdaki aşırılığında bitkiler tarafından lüks tüketimi de söz konusu olabilir. Bu durumlarda da "çevre kirliliği" oluşur. Üründeki miktarı topraktan alınabilme kolaylığına bağlıdır. Gıda ve yemlerdeki potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller arasındaki denge önemlidir. Gübreleme bu elementin topraktaki eksikliğini giderecek miktarda olmalı ve yıllık dozu birkaç parça halinde uygulanmalıdır. Fosfor topraklarda az hareketli bitki besin maddelerindedir. Gereğinden fazla fosforlu gübre kullanılması ve gübrelerin aşırı yağış sularıyla yıkanması veya toprak erozyonuyla su kaynaklarına taşınması fosfor kirliliği yapar. Fosforlu gübrelerde bulunan kadmiyum gibi ağır metaller de önce toprakta, sonra da o ortamda yetişen bitkide birikerek insanlara gıda ile taşınabilir ve tüketicilerde kirlilik yaratabilir (Anonim, 2015). Muratlı, Çerkezköy ve Çorlu ilçelerinden alınan 28 adet toprağın magnezyum (Mg) içerikleri genellikle "yeterli", "yüksek" ve "çok yüksek" sınıflarında ölçülmüş (Çizelge 3) olup bu topraklarda yapılacak olan gübreleme programlarında Mg-K antagonistik ilişkisi için de geçerlidir. Yörede yapılan benzer çalışmada elde edilen sonuçlar çalışmamızla benzer özellik göstermektedir (Bellitürk, 2008). Toprak örneklerinin ortalama kükürt (S) içerikleri 77.02 ppm ile 93.44 ppm arasında bulunmuş olup (Çizelge 3) rakamsal analiz değeri >10 ppm olduğundan "zengin" sınıfına girmiştir (Ülgen ve ark., 1989). İncelenen kriterlerin geneline bakıldığında (Çizelge 2 ve Çizelge 3) farklılıkların (istatistiksel önemde olanlar dahil pH ve P gibi) değişkenlik gösterdiği ilçe Çorlu olmuştur. Bu da sanayi yoğunluğu, ağır sanayi çeşitliliği ve tarımsal açıdan gerekli diğer önlemlerin alınmamasına bağlanabilir.

Topraktaki bazı makro elementlerin sağlık açısından değerlendirilmesi

Bitkisel ve hayvansal üretim yanında yeryüzündeki tüm canlıları risk altında bırakan ağır metaller özellikle insan sağlığını da tehdit etmektedir. Her geçen gün artan sanayileşmeden dolayı çoğalan endüstriyel atıklar, motorlu taşıtların üretiminde yaşanan ivme, çevremizi ağır metaller yönünden önemli ölçüde kirliletmekte, tarım alanları da bu kirlilikten nasibini almaktadır. Özellikle

çevre konusunda çok duyarlı davranışlar sergileyen Avrupa ülkeleri çevre ile ilgili ciddi yasalar ve kanunlar çıkarmış ve ülkelerinde bulunan, tarımın gözbebeği olan toprak ve su kaynaklarını garanti altına almışlardır. Endüstriyel atıkların kontrol altına alınması yeterli görülmemektedir. En kısa zamanda toprak ve su kaynaklarımızın ağır metal atıklarının tehdidi altından kurtarılması için ciddi yasa ve kanunların bir an önce çıkarılması yüksek önem arz etmektedir (Okçu ve ark., 2009).

Doğanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan ve canlı öğelerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı bileşiklerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışmasıyla çevre kirliliği sorunlarının oluşturduğu bilinmektedir (Özsavaş, 2015). Bu bağlamda toprak, aynı zamanda bu bileşiklerin büyük miktarlarının son depolama noktalarını oluşturmaları ve kirlilik durumunda da besin zinciri yoluyla insan sağlığını dolaylı olarak etkilemeleri nedeniyle ayrıca önem arz etmektedir. Kirli suya ve toprağa uzun süre maruz kalmak çevresel sonuçlara maruz kalabileceği gibi, ishal, düşük, hepatit A ve tifo gibi sağlık tehlikelerinin de nedeni olabilir. Dahası pek çok kirletici unsurun bir araya gelmesi ve besin zinciriyle insan vücuduna alınmasıyla beraber başta kanserlerin, özellikle sindirim kanserlerinin morbidite ve mortalitesini artırabildiği bile bildirilmektedir (Lu ve ark., 2015).

İnsan vücudunun sağlığının korunması ve sürdürülmesi için besin çeşitliliği kadar vitamin ve mineral bakımından oldukça zengin olan taze sebze ve meyvelerin tüketilmesi son derece önemlidir. İnsan vücudunun yaklaşık %4 ile 5'i minerallerden oluşmuştur. Bunun yarıya yakını kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) dur. Magnezyum (Mg), klor (Cl), sodyum (Na) ve kükürt (S) diğer makro elementlerdir (Özata, 2004; Baysal, 2002). Mineraller vücudun çeşitli organları içinde yer alırlar ve eksiklikleri ve fazlalıklarında ise ciddi sağlık sorunlarına yol açar.

Ca: İnsan vücut ağırlığının %1.5'tan fazlasını oluşturduğu için en bol bulunan mineraldir. Ca ile D vitamini kemik sağlığı için birlikte hareket ederler. Ca, kemik ve dişlerin oluşumuna ve sağlıklı kalmalarına, kalp atımının düzenlenmesine ve kanın pıhtılaşmasına yardım eder. Kas gücü ve sinir iletimi için gerekli olan Ca, eksikliğinde kol ve bacaklarda kramp, eklem ağrıları, tırnaklarda kırılma, tansiyonda artma, el ve bacaklarda uyuşma, kolesterolde artış ve depresyon görülebilir. Kan Ca seviyesi düşünce vücut bunu normal seviyeye getirebilmek için kemiklerden Ca çeker ve kemik erimesi (osteoporoz) gelişir (Özata, 2004; Baysal, 2002).

Mg: Yetişkin bir insan vücudunda ortalama 25 g kadar Mg vardır. Bunun yaklaşık %60'ı kemik ve dişlerde, %26'sı kaslarda, kalanı yumuşak dokularda ve vücut sıvılarında bulunur. Kas ve sinir sisteminde etkindir ve enzim çalışmasında gereklidir. Eksikliğinde iştah kaybı, depresyon, kaslarda kramp, bacaklarda uyuşma, his kaybı, Kalp atışlarında bozukluk, kalp kroner damarlarında kasılma, bayılma görülür. Ayrıca gebeliğe bağlı hipertansiyonda besinlerle düşük oranlarda alınırsa protosiklinin tromboksona oranını düşürerek kan pıhtılaşmasını arttırdığı belirtilmiştir. Mg alımı, osteoporoz tedavisi için de çok faydalıdır. Fazla alındığında ise ishal ve böbrek yetmezliği yapabilir (Özata, 2004; Baysal, 2002).

S: Bitkiler, inorganik kükürtü alarak organik kükürt bileşikleri yaparlar. Hayvanlar ve insanlar bu bileşiklerden faydalanırlar. İnsan diyetindeki kükürdün çoğu sistein, metionin, tiamin, ve biotinden sağlanır. Alınan kükürdün çoğu kükürt bulunan mukopolisakkaritlerin sentezinde kullanılır. İnorganik kükürdün ince bağırsaklardan emilme oranı düşüktür. Kükürt ün bileşiği moleküler kükürt buluna mukopolisakkaritlerin sentezi için gereklidir (Özata, 2004; Baysal, 2002).

P: Besinlerde yaygın olarak bulunmasından dolayı eksikliğine sık rastlanmasa da fosfor alımı yetersiz olduğunda kemiklerde, sinir-kas sisteminde, kan hücrelerinde ve böbreklerde bozukluklar görülür (Özata, 2004; Baysal, 2002).

K: Vücut sıvılarının ozmotik basıncı ve asit-baz dengesi için gereklidir. Potasyum iyonlarının vücut sıvılarındaki yoğunluklarının uygun şekilde olması, sinirlerin uyarımı ve kas dokusunun çalışması için gereklidir. Vücut iyon dengesizliğinden dolayı bir şekilde kan potasyum seviyesi artarsa Adison hastalığı görülür. Genel olarak K yetersizliğinde, glikojen deposunun azalması ile kas yorgunluğu, kalp atışında bozulma, adrenal hipertrofisi ve solunum yetersizliği görülür (Özata, 2004; Baysal, 2002).

Toprak-su fiziği, kimyası, ekoloji, bitki sistematiği ve bitkisel üretim-yetiştirme konularında bilgi ve deneyim birikimine sahip meslek disiplinlerinin; özellikle tarımsal kirlenme ve kırsal yerleşimlerde atık arıtma konularında hem araştırma hem uygulama sürecinde yapılabileceği ve yapması gereken çok görevler olduğu açıktır (Güney ve ark., 2010).

Çevre sağlığı konularının başında gelen toprak kirliliği, birçok sektörün bir araya gelerek karşılıklı veri akışıyla çözümü olabilecek bir konudur. İnsan ve çevre sağlığını tehdit edebilecek uygulamaların önüne geçebilmek için kalıcı alt yapı hizmetlerinin öncelikli uygulanması, gereken yasal düzenlemelerin yapılması, toplumun

konuya gereken önemi vererek sektörler arası işbirliği yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde başta kanser olmak üzere birçok hastalık ve ölümlerin kaynağı olan çevre kirliliği, 21.yy da dünyanın en önemli sorunu olmaya devam edecektir. Bu konuda iyileştirici ve uzan vadeli ümit verici girişimlerden çok koruyucu önlemlere önem ve öncelik verilmesi kalıcı çözümler için gerekli adım olacaktır.

Bitkiler atmosferden, topraktan, kimyasal gübrelerden, atık su ve çamurlardan veya tarımda kullanılan inorganik pestisitlerden toprağa bulaşmış olan ağır metalleri derişimlerine bağlı olarak biriktirme eğilimindedir. Tarım söz konusu olduğunda toprak-bitki-su ilişkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması ve geleceğe yönelik planlamaların doğru yapılabilmesi için ilk önce toprağın çok iyi tanınması gerekmektedir. Günümüzde toprak verimliliğinin artırılmasının yanı sıra, sürekliliğinin sağlanması ve korunması da önemli bir durumdur. Tüm bunlar yerine getirilerken, tarımsal faaliyetlerin yerine getirilmesinde, tarımsal üretim yapılacak alanların seçiminde çevresel faktörler de göz önüne alınarak doğru planlamalar yapılmalı, sağlığa olumsuz etki eden her türlü uygulamalardan kaçınılmalı ve parasal kazançlar kadar bütün canlıların sağlığının da önemli olduğu unutulmamalıdır. Aktif fabrika yakınlardaki araziler fabrikaların faaliyet alanlarına göre etkilenmektedir ve ilgili alanlardan alınan toprak numunelerinde toprak tekstürüne, iklim faktörlerine (rüzgar, yağış, vb.) ve uygulanan kültürel işlemlere (toprak işleme, sulama, ilaçlama, gübreleme vb) bağlı olarak toprak pH'sı, tuzluluğu, kireç (CaCO_3 olarak), organik madde ve mineral maddeler (N, P, K, Ca, Mg ve S) içerikleri etkilenmektedir ki bunlara bağlı olarak ta yetiştiriciliği yapılacak bitkide ve bunlardan beslenen canlılarında sağlık açısından olumlu-olumsuz etkilenmeleri kaçınılmaz olacaktır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışma ile tarım alanlarının yakınında bulunan ve aktif konumdaki özellikle de ağır sanayi fabrikalarının sebep olduğu çevre kirliliğinin tarım topraklarını ne oranda etkilendiği ve bunun canlılar üzerine olası etkilerinin vurgulanması amacıyla yapılmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Araştırma, Tekirdağ'ın Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçelerinde çok sayıda bulunan ve tarım arazilerine de yakınlığı ile bilinen aktif haldeki fabrikaların yakınındaki (50-250 m) alanlardan toplamda 28 tane olacak şekilde 0-20 cm derinlikten bölgeyi en iyi temsil edecek şekilde toprak örnekleri alınarak

yürütülmüştür. Alınan toprak örneklerinde tekstür, pH, tuzluluk, kireç (CaCO_3 olarak), organik madde analizlerine ilaveten N, P, K, Ca, Mg ve S elementlerinin analizleri yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir. Ortalama pH değerleri incelendiğinde araştırma alanı toprakları "hafif asit" (5.66 ve 5.92 arasında) sınıfındadır. Toprak bünye yapısı, "tın" ve "killi tın" sınıfına girmektedir. Tuzluluk (ort. %0.023) açısından analizi yapılan alanlarda sorun bulunmamaktadır. Kireç (CaCO_3) içerikleri (ort. %0.21) durumu da sorun olmamakla birlikte 6 örnekte az kireç olduğu görülmektedir. Organik madde miktarı araştırma alanı topraklarında da % 0.1-1.5 arasında bulunmuştur. Toplam azot (N) değerleri organik maddeyle benzer olduğu gibi araştırma alanında <%0.09 olup az azotlu sınıfına girmiştir. Toprak özellikleri ortalama potasyum içerikleri bakımından üç ilçede de "140-370 mg kg^{-1} " arasına girip "yeterli" olarak değerlendirilmektedir.

Genel Yorum: Tarım alanlarının yakınında özellikle ağır sanayi fabrikalarının olmaması gerektiği bilinen bir gerçek olmakla beraber bu çalışmada da olduğu gibi maalesef birçok tarım alanlarının yakınında çeşitli fabrikaların olduğunu görmekteyiz. Bu tür alanların sonucunda havada, suda ve toprakta oluşan değişimlerle, ekolojik dengenin bozulması ve insan sağlığını doğrudan veya dolaylı etkileyebilecek pek çok kirliliğin oluşması olasıdır. Özellikle toprak içinde bulunan bazı elementlerin miktarına ve etkileşim süresine bağlı olarak sınır değerleri aştığında zehirli etki yapabildikleri bilinmektedir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Bu nedenlerle bu tip çalışmaların sıklıkla yapılması ile zaman zaman tarım topraklarında birikmesi muhtemel olan özellikle ağır metallerin ortaya konulması ve fitoremediasyon gibi toprak temizleme teknikleri ile çözüm yolları bulunarak, daha sağlıklı ve temiz ürünler yetiştirilmesine olanak sağlanmalıdır. Bu çalışma bu tip önerileri de desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi, toprak, organik madde, makro element, mikro element, toprak kirliliği

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından "Araştırma Projesi" olarak desteklenmiştir. Proje No: NKUBAP.00.24.AR.11.02. Yazarlar olarak teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Akdemir B, Kayışoğlu B, Kavdır İ (1994) MSTAT İstatistik Paket Programı Kullanım Kitabı. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fak Yayın No: 203, Yardımcı Ders Kitabı No: 7, s: 1-189.
- Algan TK, Bilen, S (2005) Toprak Kirlenmesi ve Biyoloji Çevre. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Sayı: 36,1: 83-88, Erzurum.
- Allison LE, Moodie CD (1965) Carbonate. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methodsofsoilnb), 1379-1396.
- Anonim (1990) FAO. Micronutrient Assessment at the Country Level: An International Study, FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy.
- Anonim (1991) TOVEP. Productivity inventory of Turkey soils. Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock Publications, General Directorate of Rural Services.
- Anonim (2015) Çevre Kirliliği <http://www.yesilaski.com/tarima-bagli-cevre-kirliligi.html> (Erişim Tarihi: 21.11.2016).
- Baysal A (2002) Beslenme. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara. 105-148.
- Bellitürk K (2004) Tekirdağ İli Topraklarında Üre Hidroliz Oranı ve Mineralize Olan Azot Miktarları Üzerinde Bir Araştırma. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Bellitürk K (2005) Tekirdağ Koşullarında Buğday Yetiştirilen Toprakların Mikro Besin Elementleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Saptanması. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi (Uluslar arası Katılımlı), 5-9 Eylül, Cilt 2, s: 1211-1215, Antalya.
- Bellitürk K (2008) Trakya Bölgesi Topraklarının Azot-Fosfor-Potasyum Bakımından İncelenmesi (Hakem Onaylı). Hasad (Bitkisel Üretim) Aylık Tarım Dergisi, Haziran, İstanbul, Yıl: 24 (277): 102-106.
- Bellitürk K, Karakaş Ö (2010) The Assesment of Potassium Contents of Tekirdag Province Soils That Differ in pH Levels. International Symposium on Soil Management and Potash Fertilizer Uses in West Asia and North Africa Region, 22-25 November 2010, 389-392, Antalya.
- Bellitürk K (2011) Determination of Nutrient Status of Agricultural Soils in Uzunkopru County of Edirne Province. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 8(3): 8-15, Tekirdag, Turkey.
- Bellitürk K, Shrestha P, Görres JH (2015) The Importance of Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soil Using Vermicompost for Sustainable Agriculture. Rice Journal 3:2, 6: e114.
- Cifuentes FR, Lindemann WC (1993) Organic Matter Stimulation of Elemental Sulfur Oxidation in a Calcereous Soil Division. 5-3 Soil Microbiology & Biochemistry Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 57:727-731.
- Coşkun T (2005) Fonksiyonel Besinlerin Sağlığımız Üzerine Etkileri. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 48(1): 61-84.
- Çağlarırnak N, Hepçimen Z (2010) Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. Akademik Gıda. 8 (2):31-35.
- Duman H (2006) Hatay Bölgesindeki Filtre Fabrikalarının Çevre Kirliliğine Olan Etkisinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Eruz E (1979) Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 112-120.
- Greweling T, Peech M (1960) Chemical Soil Tests. Cornell Univ. Agric. Exp. Stnd. Bull. No: 960, USA.
- Güneş M, Aktaş A, İnal A, Alpaslan M (1996) Chemical and Physical Properties Konya Closed Basin Soils. Ankara University Agricultural Faculty Publication No: 1453, Ankara, Turkey.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A (2010) Plant Nutrition and Fertilization (5th Edition), Ankara University Faculty of Agriculture Publication No. 1581, Textbook No: 533, Ankara, Turkey, 576 p.
- Güney MA, Çelen AE, Aktaş E (2010) Çevre Kirlenmesinin Giderilmesinde Bitkiler. I. Ulusal Toprak Su Kaynakları Kongresi. 1-4 Haziran 2010. Eskişehir, 447-449.
- Hatipoğlu F, Alpaslan M (1994) Gübre Kullanımı ve Çevre. TÜGSAŞ'ın 40. Yılında Gübre Sempozyumu.
- Kacar B (2009) Soil Analysis (Second Press). Nobel Press Company, 467 s.
- Nriogo JO (1979) Global Inventory of Natural and Anthropogenic Emissions of Trace Metals to The Atmosphere. Nature 279: 409-411
- Lu Y, Song S, Wang R, Liu Z, Meng J, Sweetman AJ, Wang T (2015) Impacts of Soil and Water Pollution on Food Safety and Health Risks in China. Environment international, 77, 5-15.
- Okçu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M (2009) Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. Alinteri. 17(B):14-26.
- Özata M (2004) Doğru Beslen Formda Kal. Epsilon Yayınevi, İstanbul. 183-198.

- Özsavaş G (2015) Çevre Kirliliği ve Kimyasal Madde İlişkisi. <https://prezi.com/qzg8ojmhy1nh/cevre-kirliligi-ve-kimyasal-madde-iliskisi/> (Erişim Tarihi: 21.11.2016).
- Sağlam MT (2012) Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri (5. Baskı). N.K.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 2, Ders Kitabı No: 2, Tekirdağ.
- Shrestha P, Bellitürk K, Görres JH (2019) Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil by Switchgrass: A Comparative Study Utilizing Different Composts and Coir Fiber on Pollution Remediation, Plant Productivity, and Nutrient Leaching. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (7): 1261 (1-16).
- Tabatabai MA, Laflen JM (1976) Nitrogen and Sulfur Content and pH of Precipitation in Iowa. *J. Environ. Quand.* 5:108-112.
- Tüzüner A (1990) Handbook of Soil and Water Analysis Laboratory. Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock Publications, General Directorate of Rural Services, Ankara, Turkey. 61-73.
- Ülgen N, Eyüpoğlu F, Kurucu N, Yolaz S (1989) Türkiye Topraklarının Bitkilere Yararışlı Kükürt Durumu. Tarım Orman ve Köyleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Genel Yayın No:162 Ankara..
- Wilkinson SR, Grunes DL, Sumner ME (2000) Nutrient Interaction in Soil and Plant Nutrition. In: *Handbook of Soil Science*, M.E. Sumner, Ed., 89-112. Boca Raton, FL: CRC Press.



Mapping spatio-temporal tendencies of climate types in Geographic Information Systems (GIS) media: A case study in Şanlıurfa and its environs

Ali Demir KESKİNER¹ , Mahmut ÇETİN² , Takanori NAGANO³ 

¹Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Şanlıurfa, Turkey.

²Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey

³Kobe University, Graduate School of Agricultural Science, Kobe, Japan

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

ÖZET / ABSTRACT

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Erinç drought index, drought tendency map, climate-type, GAP, GIS

✉ Corresponding author: Ali Demir KESKİNER

✉: adkeskiner@harran.edu.tr

Aims: The primary objective of this study was to figure out spatio-temporal tendencies of climate-types in Şanlıurfa town and its environs, located in the Southeastern Anatolia Project (GAP) area, through using Erinç Drought Index method.

Methods and Results: Data sets consisting of long-term (1965-2018) annual total precipitation as well as average annual maximum temperature series of Şanlıurfa, Birecik, Akçakale, Ceylanpınarı, Siverek and Bozova meteorological stations -distributed unevenly over total surface area of 19 242 km²- were obtained and utilized in order to calculate *Erinç Drought Index (EDI)* on a yearly basis. *EDI* time series of each station was divided into three non-overlapping and successive parts or periods, i.e. *period-1* (1965-1981), *period-2* (1982-1999), *period-3* (2000-2018). The best fitting probability distribution models to the *EDI* series of each period were, in turn, determined by performing a regular frequency analysis procedure by *Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit Test* at the 5% significance level. *EDI* having 50% probability was estimated for the three periods of each station by utilizing probability models determined exclusively for each predetermined period. Afterwards, regular grids with the size of 100 m by 100 m were established over the study area in *GIS* media. *Ordinary-Kriging* interpolation technique was employed to estimate index values at the grid points and to generate climate maps over the study area for the three successive periods.

Conclusions: Based on the spatio-temporal tendencies map of climate types for 3 time periods, it was concluded that the spatio-temporal climatic characteristics of Şanlıurfa province is dominated as “*Arid*”, “*Semi-arid*” and “*Sub-humid*” climate type from south to north, respectively, and areas of severe drought exposure expands northward along to Siverek in all three periods.

Significance and Impact of the Study: Although Atatürk, Birecik, and Karkamış Dams tackle to mitigate drought expansion in the northwest, it is unlikely that it would prevent the spread of the future drought drifts because of global warming. It is strongly recommended that spatio-temporal climate change studies should be periodically conducted in tandem with forest management practices for the whole *GAP* area.

Atf / Citation: Keskiner AD, Cetin M, Nagano T (2019) Mapping spatio-temporal tendencies of climate types in Geographic Information Systems (GIS) media: A case study in Şanlıurfa and its environs. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :232-240

INTRODUCTION

The average weather conditions that persist over a region for many years are known as climate. In recent decades, changes in climate have caused adverse impacts on natural and human systems in the continents and across the oceans (Anonymous, 2014). The atmosphere and oceans have warmed, sea levels have risen, and glaciers and ice sheets, in turn, have decreased in size. The best available evidence of climate change is unexpected high temperatures, and the main cause of it is ever increasingly greenhouse gas (GHG) emissions induced by human activities (Anonymous, 2015). For millennia, atmospheric carbon dioxide concentration has never been above 300 parts per million (ppm) up until 1950 (Anonymous, 2019a). The greenhouse gas concentrations reached new highs, globally averaged mole fractions of CO² at 405.5 ppm. This, in turn, has had a significant impact on temperature variations. Mankind experienced the fourth warmest year on record between 2015-2018 as the long-term warming trend has continued nowadays. Increases in average global temperatures are expected to be within the range of 3°C to 5°C by 2100 (Anonymous, 2019b). Even if the global warming of an increase above 1.5°C would bring far higher risks to health, livelihoods, food security, water supply, human security and economic growth (Anonymous, 2018), humanity should find ways of getting used to deleterious effects of global warming. Expansion of drought prone areas, as experienced recently in Turkey, has been the result of climate change. According to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Turkey is located in the Mediterranean Basin that is especially vulnerable to the adverse impacts of climate change (Anonymous, 2012). Almost all available studies agreed that Turkey will have significant climate change-induced problems such as the decrease in water quantity and quality, decreasing precipitation amounts, rising annual temperatures, increases in frequency and magnitude of the extreme weather events including floods and droughts (Tonkaz, 2006; Tayanç et al., 2009; Anonymous, 2011; Yılmaz and Imteaz, 2014; İrvem et al., 2018). Despite the existence of an ongoing series of activities to research the potential results of global climate change on a water-basin scale for river basins that are socio-economically important for Turkey, there is, undoubtedly, a need for more scientific studies on these issues (Anonymous, 2011). In turn, according to climate change projections regarding Turkey, it was anticipated that precipitation will have decreased remarkably in all river basins of Turkey in the period of

2016-2099. Furthermore, it is emphasized that the twin-river basins, i.e. Euphrates and Tigris basins, in Southeastern Anatolia will be affected mostly by climate change (Demircan et al., 2017). In this context, long dry spells are expected in the Southeastern Anatolia Region in the future, and this will, in turn, affect different sectors (Birpınar and Tuğaç, 2018), particularly agriculture. Moreover, the Southeastern Anatolia Project –one of the largest regional development projects in Turkey, known universally as GAP (Cetin, 2020)– was planned in this region. The effects of climate change are reflected in air temperature and precipitation, which have a major impact on crop growth and yields. These implications have posed water-related problems in the GAP area of potentially 1.78 Mha irrigable agricultural areas, of which 0.53 Mha has been presently under irrigation (Cetin, 2020). Extent and severity of problems is of spatio-temporal characteristics. Therefore; determining the spatio-temporal tendencies of climate types at different periods is of prime importance for monitoring climate change in the GAP area. Many methods have been developed to determine the climate class of a region. However, each method has its own limitation, strengths as well as weaknesses to use under different climatic conditions. Erinç Drought Index, Percentage of Normal Index, Standard Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index, Thornthwaite and De Martonne methods (Aktaş et al., 2018) are among the frequently used ones in regional climate classification studies in Turkey. Important information on the magnitude, severity, frequency and areal extent of the drought can be derived from those indices (Mishra and Singh, 2010). There is doubt that spatio-temporal tendencies of climate classes needs to be determined for different successive periods in order to make reasonable inferences about regional changes in climate.

Staple objectives of this research were two-fold–namely, to develop Erinç Drought Index maps with the 50% probability level for the three predetermined sequential time periods as well as to figure out spatio-temporal tendencies of climate-types in Şanlıurfa town and its environs.

MATERIAL and METHODS

Materials

This study was carried out in Şanlıurfa town and its environs, covering 19 242 km² area (Anonymous, 2019c), located in the Southeastern Anatolia Project (GAP) area. Long-term (1965-2018) annual total precipitation and annual maximum temperature series of Şanlıurfa,

Birecik, Akçakale, Ceylanpınarı, Siverek and Bozova meteorological stations were utilized in the study (Figure 1). Geo-referencing of meteorological stations was

rendered possible by using universal transverse Mercator (UTM) projection system with the datum of WGS84.

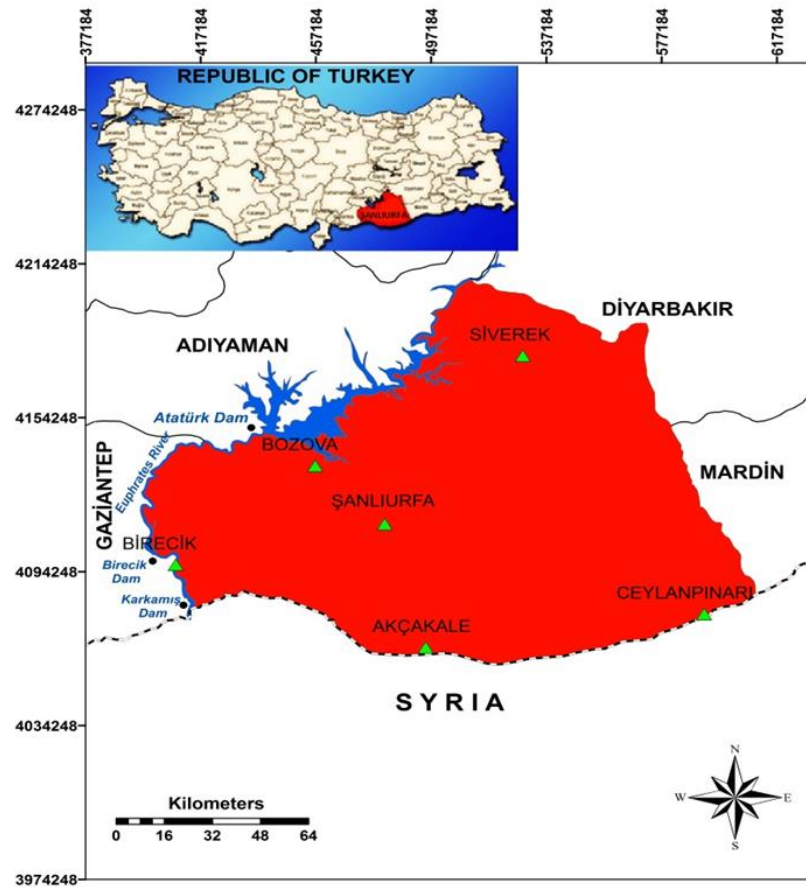


Figure 1. Location of the study area in Turkey

Methods

Erinç drought index (EDI)

Erinç (1965) has developed a simple drought indicator for Turkey to describe the drought problem for arid/humid area and duration separation purposes. In his formulation, annual total precipitation and annual average maximum temperature –which is supposed to cause water deficiency due to evaporation– are used to drive the index. Climate classification due to Erinç drought index (EDI or I_m) is done by considering index values given in Table 1 (Türkeş and Akgündüz, 2011; Sen, 2015; Li et al., 2017; Celik and Gülersoy, 2018). In this research, Erinç Drought Index was computed for each year in turn by using Equation 1, and then EDI time series of each station was divided into three non-overlapping and successive parts or periods, i.e. period-1 (1965-1981), period-2 (1982-1999), period-3 (2000-2018).

$$I_m = \frac{P}{T_{\max_mean}} \quad \text{Eq. (1)}$$

where;

I_m : Erinç drought index,

P : Annual total precipitation (mm),

T_{\max_mean} : Annual average maximum temperature (°C).

Table 1. Erinç classification (Haider and Adnan, 2014; Sen, 2015)

Climate Classification	Index Value (I_m)	Vegetation Cover
Severe arid	<8	Desert
Arid	8-15	Desertification
Semi-arid	15-23	Arid
Sub-humid	23-40	Forest
Humid	40-55	Moist forest
Very humid	>55	Very moist forest

Frequency analysis

In order to include uncertainty into the study, EDI is tried to be predicted from the probability models of each station. To this end, frequency analysis for Erinç Precipitation Efficiency Index series of stations for the predetermined periods in turn were performed through using BestFit software (Anonymous, 2004). The best-fit probability distribution models were determined by using Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test at 5% significance level. With the help of "the frequency factor equation" (Chow et al., 1988), EDI for 50% probability level, which is specific for this study, is estimated individually for each station (Equation 2).

$$X_{50\%} = \bar{X} + K_{50\%}S \quad \text{Eq. (2)}$$

where;

S: Standard deviation,

\bar{x} : Mean of the data set subjected to frequency analysis,

$X_{50\%}$: Expected value of the variable at the 50% probability level,

$K_{50\%}$: Frequency factor of the probability model, which is a property of the frequency distribution given at 50% probability level.

Geostatistical analysis

In order to delineate the spatial extent of a variable at the hand, geostatistical interpolation methods (Cetin, 1996) might be a useful tool. To that end, ordinary kriging (OK) interpolation technique has been adopted in this study. The first and most important step in geostatistics is determine the spatial dependence

structure, i.e. semivariogram function, of a regionalized variable. In hydrology and hydrometeorology, the most commonly used semivariogram functions are Spherical, Gaussian and Linear models. The resulting semivariogram is a measure of the spatial dependence of the semivariogram model (Tabios and Salas, 1985) which is used to predict values of the modeled attribute at unsampled locations. Kriging equation system (Burgess and Webster, 1980) is solved in order to make a best linear unbiased estimation at the un-sampled locations over the sampling domain (Cetin, 1996; Mert and Dağ, 2017; Anonymous, 2019d).

RESULTS and DISCUSSION

Computation of Erinç drought index series

The data sets consisting of the long-term (1965-2018) annual total precipitation and annual maximum temperature series were divided into three non-overlapping but consecutive periods as seen in Table 2. Erinç Drought Index (EDI or Im) on a yearly basis was computed for these periods and the index results by stations were presented in Table 2 as yearly time series. Due to the lack of meteorological data at Bozova station for the two successive periods of period-1 (1965-1981) and period-2 (1982-1999), Im (EDI) could not be computed on a yearly basis as seen in Table 2. In order to render meaningful Table 2, it should be gone through with climate classification given in Table 1. In turn, the higher the index values, the less drought episode in favor of humid climate type in the region.

Table 2. Erinç drought index (Im) series of meteorological stations

Periods/Subgroup	Year	Şanlıurfa	Birecik	Akçakale	Ceylanpınarı	Siverek	Bozova
Period-1 (1965-1981)	1965	20.8	19.4	13.4	10.7	23.7	N/A*
	1966	13.4	12.5	8.6	9.8	19.6	N/A
	1967	35.8	22.7	24.8	19.7	43.8	N/A
	1968	26.6	20.2	16.4	17.4	38.2	N/A
	1969	33.0	17.5	17.3	20.9	30.7	N/A
	1970	10.3	10.0	6.5	8.1	13.4	N/A
	1971	22.2	14.9	11.6	12.3	20.5	N/A
	1972	17.8	16.4	16.4	16.1	26.3	N/A
	1973	9.0	9.4	4.5	4.6	14.1	N/A
	1974	19.4	13.8	12.2	14.0	24.6	N/A
	1975	19.5	16.5	11.3	12.3	22.2	N/A
	1976	30.5	25.2	17.4	21.5	42.9	N/A
	1977	15.8	13.2	10.5	11.8	21.1	N/A
	1978	14.2	11.5	8.4	12.4	22.4	N/A
	1979	19.9	12.3	12.5	11.4	27.5	N/A
	1980	19.3	19.8	13.9	16.6	28.1	N/A
	1981	21.6	17.0	12.2	14.7	24.2	N/A

Continued Table 2.

	1982	15.0	11.4	9.8	13.5	24.1	N/A
	1983	21.8	14.4	11.5	12.6	25.4	N/A
	1984	15.9	13.2	7.1	7.9	26.8	N/A
	1985	19.3	14.8	10.5	11.9	27.4	N/A
	1986	18.1	12.2	8.3	10.4	21.5	N/A
	1987	22.5	13.9	12.8	14.7	36.4	N/A
	1988	30.8	21.5	16.2	19.4	37.3	N/A
	1989	12.4	8.9	8.4	7.1	16.3	N/A
<i>Period-2</i> (1982-1999)	1990	10.7	10.5	8.1	6.4	16.2	N/A
	1991	18.3	13.5	10.7	10.2	24.9	N/A
	1992	17.3	12.2	9.0	12.1	23.3	N/A
	1993	20.4	13.0	15.2	10.6	30.5	N/A
	1994	21.1	16.8	12.7	16.2	31.9	N/A
	1995	10.9	9.5	8.7	8.0	21.0	N/A
	1996	35.2	23.9	18.6	19.0	39.4	N/A
	1997	19.0	14.7	10.7	10.3	29.7	N/A
	1998	16.5	12.5	8.0	8.5	24.1	N/A
	1999	11.6	9.1	6.7	7.4	14.4	N/A
		2000	15.5	12.6	10.2	7.7	22.2
	2001	21.9	18.9	14.2	11.5	31.5	20.4
	2002	13.2	9.6	9.8	8.7	16.5	13.4
	2003	20.9	17.0	13.3	13.0	31.5	21.1
	2004	20.7	17.7	11.0	12.4	25.7	17.9
	2005	13.6	11.3	8.2	6.7	20.3	14.2
	2006	14.2	14.0	8.6	14.9	27.0	16.7
	2007	14.6	15.5	7.6	12.5	21.7	12.3
<i>Period-3</i> (2000-2018)	2008	12.3	7.8	6.2	4.1	18.9	10.4
	2009	18.2	15.9	9.8	8.6	31.7	16.7
	2010	10.4	9.3	4.4	5.6	21.9	10.8
	2011	18.3	15.9	10.7	9.1	31.4	24.4
	2012	24.8	21.2	12.2	8.8	30.9	23.3
	2013	16.1	11.8	7.6	8.8	19.1	13.8
	2014	16.0	7.7	11.8	10.2	19.6	18.2
	2015	15.5	13.8	8.1	8.8	24.4	14.3
	2016	12.4	9.1	7.4	8.2	23.1	11.6
	2017	7.5	7.0	8.0	4.5	15.2	13.3
	2018	28.1	19.1	23.7	13.0	32.9	25.2

*Not Applicable due to the lack of yearly data

Fitting probability distributions to EDI series

Frequency analysis was performed to EDI series – calculated by using annual total precipitation and mean annual maximum temperature series– based on the periods considered. The probability distribution function (PDF) of each data set was obtained by frequency analysis. Index values (EDI) having 50% probability level,

i.e. recurrence interval of two-year, was estimated for the three periods of each station by utilizing PDFs determined exclusively for each predetermined period of stations. The probability distribution models determined for each period of stations and estimated Erinç drought indices with 50% probability level were summarized in Table 3.

Table 3. Best fitted PDFs for the stations and periods considered, and *Im* values of 50% probability level

Stations	Record Period	PDFs	EDI (<i>Im</i>)
Şanlıurfa	Period 1 (1965-1981)	Pearson Type 5	19.6
	Period 2 (1982-1999)	Logistic	18.1
	Period 3 (2000-2018)	Extreme Value	15.8
Birecik	Period 1 (1965-1981)	Logistic	15.8
	Period 2 (1982-1999)	Log-Logistic	12.9
	Period 3 (2000-2018)	Normal	13.4
Akçakale	Period 1 (1965-1981)	Log-Logistic	12.5
	Period 2 (1982-1999)	Inverse Gauss	9.8
	Period 3 (2000-2018)	Log-Logistic	9.4
Ceylanpınarı	Period 1 (1965-1981)	Extreme Value	13.1
	Period 2 (1982-1999)	Extreme Value	10.8
	Period 3 (2000-2018)	Extreme Value	8.9
Siverek	Period 1 (1965-1981)	Log-Logistic	24.6
	Period 2 (1982-1999)	Logistic	25.9
	Period 3 (2000-2018)	Extreme Value	23.6
Bozova	Period 1 (1965-1981)	N/A	N/A
	Period 2 (1982-1999)	N/A	N/A
	Period 3 (2000-2018)	Lognormal	15.4

As seen in Table 3, there is no clear and distinct probability distribution function for the stations and periods considered. EDI Drought Indexes with 50% probability level obtained for the 3 subgroup or period of each station indicates an increasing drought trend in Şanlıurfa, Akçakale and Ceylanpınarı meteorological stations and their environs. Based on the probabilistic estimates, It might be confidently concluded that Şanlıurfa meteorological station and its environs of "Semi-arid" climate type has been in a tendency to "Arid" climate type. Moreover, Akçakale and Ceylanpınarı meteorological station environs of "Arid" climate type has had a tendency towards "Severe arid" climate type. As shown in Table 3, while Birecik meteorological station and its environs of "Arid" climate type was found to be in a tendency to "Semiarid" climate type, "Semidry" climate type which was developed in the environs of Birecik meteorological station has taken place after the construction of Birecik Dam. Accordingly, while the climate type of Siverek meteorological station environs has had a "Sub-humid" climate type in the first period, i.e. between 1965-1981, the transition from "Sub-humid" climate type to "Humid" climate type has been accelerated or triggered in the second period (between 1982 and 1999), i.e. after the construction of the Atatürk Dam on the Euphrates river. However, it was observed that both the extent and severity of drought episodes has been liable to increase in Siverek station.

Based on the overall assessment results, drought prone areas have been disposed to increase in Şanlıurfa, Akçakale, Ceylanpınarı and Siverek meteorological stations and their environs in the long run. Construction of Birecik Dam has hindered drought development to some extent, indicating a positive effect on the local climatic factors by raising the humidity in the region. Due to the lack of yearly data at the Bozova meteorological station in period-1 and period-2, EDI for this location could only be calculated for the period-3. It was concluded that "Semiarid" climate type has been preponderant at the Bozova station and its environs.

Erinç drought index maps with 50% probability level for the periods

After determining the EDI values pursuant to 50% probability at each station for three periods in turn, maps for three different time periods were generated in GIS media, through using by ordinary kriging method, in order to figure out spatio-temporal tendencies of climate types in Şanlıurfa town and its environs. The generated maps by the periods show that climate types conspicuously exhibit spatial dependence. This behavior might be responsible for spatial clustering of meteorological variables over the area (Figure 2). As seen in the Figure 2, "Arid", "Semi-arid" and "Sub-humid" climate types have been the staple climatic characteristics of Şanlıurfa province and its environs.

Those climate types have dominated from south to north, respectively. The arid zone extended into the Syrian border starting from Harran district to Akçakale and Ceylanpınar environs in the period of 1965 and 1981 (Period 1). On the other hand, "Semi-arid" climate type

was preponderant effectively in the region, stretching from north of Akçakale and Ceylanpınarı line to Siverek environs where "Sub-humid" climate type appeared onwards.

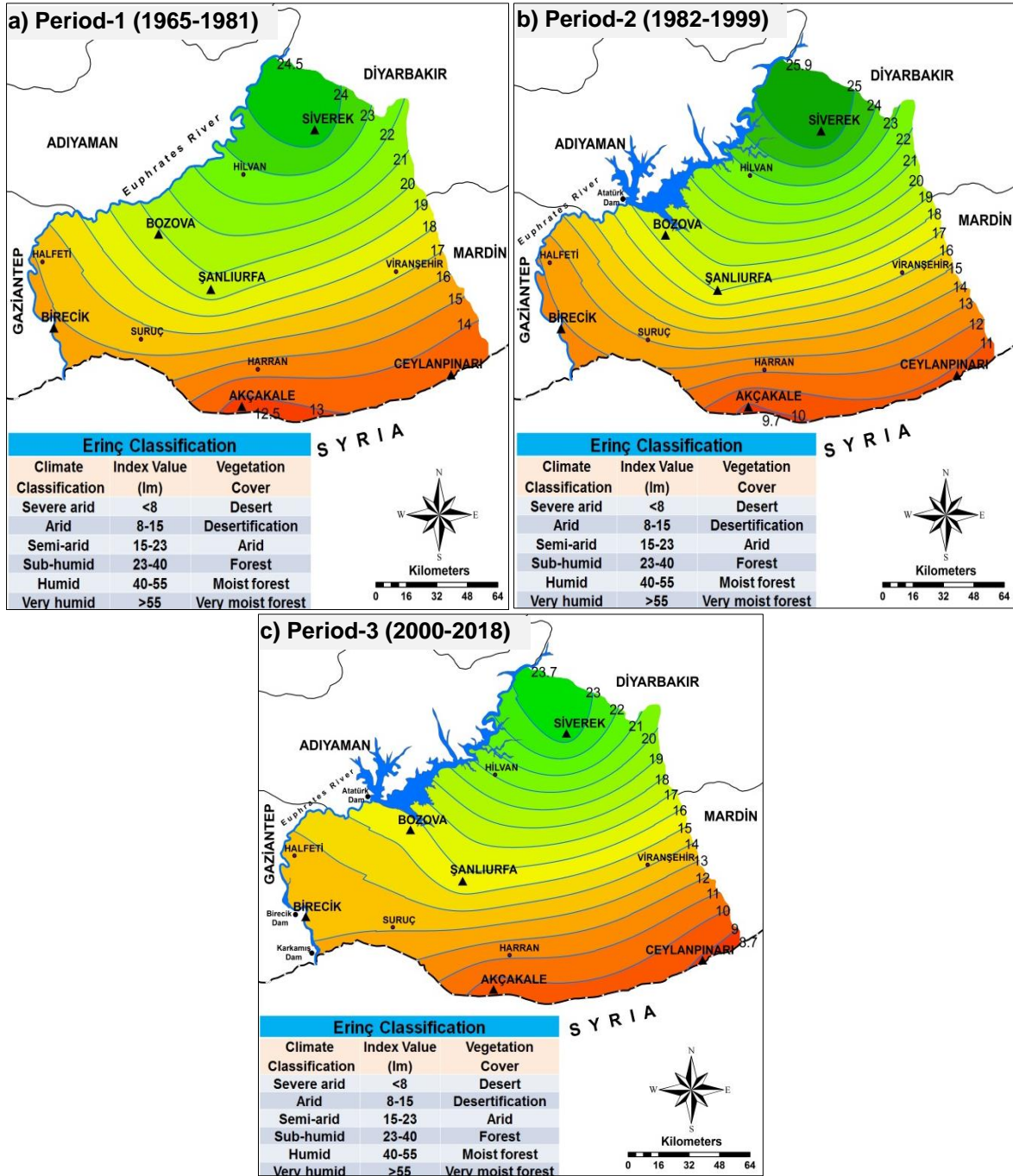


Figure 2. Spatio-temporal tendencies of climate types Şanlıurfa province by the periods considered

In Period-2 (1982-1999), regardless of the fact that the Atatürk Dam was put into operation in 1992, the "Arid" climate type had continued to spread along Halfeti, Birecik, Suruç, Harran, Akçakale and Ceylanpınarı corridor. The "Semi-arid" climate type dominated in the

region from the northern of this corridor to Siverek town. On the other hand, "Sub-humid" climate type continued to expand into the direction of Siverek environs starting from the northern part of the upstream of the Atatürk Dam. It was interpreted that the increase

of humidity in this period was due to the construction of the Atatürk Dam. Our research findings showed similarities with Tonkaz and Cetin (2007) and were in good agreement with the findings given by Tonkaz et al. (2007).

A number of large dams have been constructed and put into operation in the Period-3 (2000-2018). Although the Atatürk Dam, Karkamış Dam and Birecik Dam were gradually operationalized in 1992, 1999 and 2000, respectively, "Arid" climate type continued inconceivably to spread from the south of the Atatürk Dam upstream, Bozova, Şanlıurfa and Viranşehir corridor. In addition to that, "Semi-arid" climate type continued to stretch away up to Siverek in the north of the corridor established too. It has been observed that "Sub-humid" climate type influenced a very small area located in the north of the Atatürk Dam, but its influence continued in a small part of Siverek town. As a result, it has been determined that the "Arid" climate characteristic has been spreading out to the northern parts of the study area, starting from the Akçakale boundary line up to the province of Şanlıurfa. Although the Atatürk, the Birecik, and the Karkamış Dams have exerted an influence on mitigating drought expansion in the northwestern parts of the study area, it is unlikely that it would prevent the spread of drought episodes in the future because of global warming and/or climate change phenomena.

CONCLUSIONS

This study was carried out in Şanlıurfa town and its environs –located in the Southeastern Anatolia Project (GAP) area– in order to figure out spatio-temporal tendencies of climate-types. In line with this objective, Erinç Drought Index series were successfully obtained by using long-term annual total precipitation and annual maximum temperature data sets. After this series was divided into three non-overlapping successive parts or periods, i.e. period-1 (1965-1981), period-2 (1982-1999) and period-3 (2000-2018), the best fitting probability distribution models for the EDI series of each period were in turn determined by performing a regular frequency analysis technique. There is not a unique probability function for the data analyzed. Phase one of this study was successfully achieved by means of estimating EDI values of 50% probability level for the three periods of each station. The second phase of the study was completed by generating climate maps over the study area for the three successive periods. The following conclusions might be drawn from research findings:

- ✓ Based on the EDI values of 50% probability level for Birecik and Siverek meteorological stations for the period-1 and period-2, construction of dams have had a positive influence on local climate factors by increasing the humidity in the region.
- ✓ "Arid", "Semiarid" and "Subhumid" climate types have dominated in Şanlıurfa province and its environs by the periods, stretching from south to the north, respectively, and showed spatio-temporal tendencies in the region.
- ✓ The spatio-temporal variability in "Arid" climate type has gradually continued to spread away from south to north in all three periods.
- ✓ Although construction of the Atatürk, the Birecik, and the Karkamış Dams has resulted in a good influence on mitigating drought expansion in the northwestern parts of the study area, it is unlikely that it would prevent the spread of the future trends in drought episodes because of global warming and or climate change phenomena.
- ✓ It was strongly recommended that spatio-temporal climate change studies be periodically conducted for the whole GAP area.
- ✓ In order to mitigate negative effects of climate change, forestation and forest management practices should be planned and implemented urgently in Şanlıurfa town and its environs.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Aktaş S, Kalyoncuoğlu ÜY, Anadolu Kılıç NC (2018) Drought analysis using De Martonne method in the Eğirdir Lake basin. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(2): 229- 238.
- Anonymous (2004) BestFit, Users's guide @risk risk analysis and simulation add-in for microsoft®excel. Retrieved June 27, 2019, from www.palisade.com/risk/.
- Anonymous (2011) MEU, Republic of Turkey climate change strategy 2010-2023. Retrieved June 27, 2019, from <https://csb.gov.tr/>.
- Anonymous (2012) MEU, Republic of Turkey national climate change action plan 2011-2023. Retrieved June 27, 2019, from <https://csb.gov.tr/>.

- Anonymous (2014) IPCC, Climate change 2014 synthesis report summary for policymakers. Retrieved June 27, 2019, from www.ipcc.ch.
- Anonymous (2015) AAS, The science of climate change questions and answers. Retrieved June 27, 2019, from www.science.org.au.
- Anonymous (2018) UNFCCC, UN climate change annual report. Retrieved June 27, 2019, from <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/UN-Climate-Change-Annual-Report-2018.pdf>
- Anonymous (2019a) NASA, Climate change: How do we know?. Retrieved June 27, 2019, from <https://climate.nasa.gov/evidence/>.
- Anonymous (2019b) WMO, WMO statement on the state of the global climate in 2018. Retrieved June 27, 2019 from, <https://library.wmo.int/>.
- Anonymous (2019c) GDM, Surface area of Turkey's provinces and districts. Retrieved June 27, 2019, from www.harita.gov.tr.
- Anonymous (2019d) ESRI, Spatial analysis. Retrieved June 27, 2019, from www.esri.com.
- Birpınar ME, Tuğaç C (2018) Impacts of climate change on water resources of Turkey. 4th International Conference Water Resources and Wetlands, 5-9 September, Tulcea (Romania). pp. 145-152.
- Burgess TM, Webster R (1980) Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties I, the semivariogram and punctual Kriging. *Journal of Soil Science*, 31(3):315-331.
- Celik MA, Gülersoy AE (2018) Climate classification and drought analysis of Mersin. *Celal Bayar University Journal of Social Sciences*, 16(1):1-26.
- Cetin M (2020) Agricultural Water Use. In: Harmancıoğlu N., Altınbilek D. (eds) *Water Resources of Turkey*. World Water Resources, Vol 2. Springer, Cham (First Online: 05 June, 2019).
- Cetin M (1996) Point and Areal Estimation of Precipitation by Geostatistical Methods and Stochastically Modelling: Application to Catchments. PhD Thesis, Cukurova University, Institute of Basic and Applied Sciences, Department of Agricultural Structures and Irrigation. Adana, Turkey, 127p (in Turkish with English abstract).
- Chow VT, Maidment DR, Mays LW (1988) *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, Inc., Civil Engineering Series, New York, 572p.
- Demircan M, Gürkan H, Eskiöğlü O, Arabacı H, Coşkun M (2017) Climate change projections for Turkey: Three models and two scenarios. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 1(1):22-43.
- Erinç S (1965) An attempt on precipitation efficiency and a new index. Istanbul University Institute Release, Baha Press, Istanbul (in Turkish).
- Haider S, Adnan S (2014) Classification and assessment of aridity over Pakistan provinces (1960-2009). *International Journal of Environment*, 3(4):17-35.
- İrvem A, Özbülü M, Çıplak C (2018) Drought analysis by using stream flow data of the Seyhan Göksu-Himmetli sub-basin. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University*, 23(2):148-157.
- Li Y, Yao N, Sahin S, Appels WM (2017) Spatiotemporal variability of four precipitation-based drought indices in Xinjiang, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 129:1017-1034.
- Mert BA, Dağ A (2017) Computer program for practical semivariogram modeling and Ordinary Kriging: a case study of porosity distribution in an oil field. *Central European Journal of Geosciences*, 9:663-974.
- Mishra AK, Singh VP (2010) A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216.
- Sen Z (2015) *Applied Drought Modeling, Prediction and Mitigation*. Elsevier: 97801280 24225, Amsterdam, Netherlands. 484p.
- Tabios III GQ, Salas JD (1985) A Comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Bulletin*, 21(3):365-380.
- Tayanç M, İm U, Doğruel M, Karaca M (2009) Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94:483-502.
- Tonkaz T, Cetin M, Tulucu K (2007) The Impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region. Turkey. *Climatic Change*, 82:195-209.
- Tonkaz T, Cetin M (2007) Effects of urbanization and land-use type on monthly extreme temperatures in a developing semi-arid region, Turkey. *Journal of Arid Environments*, 68: 143-158.
- Tonkaz T (2006) Spatio-temporal assessment of historical droughts using SPI with GIS in GAP Region, Turkey. *Journal of Applied Sciences*, 6(12):2665-2571.
- Türkeş M, Akgündüz AS (2011) Assessment of the desertification vulnerability of the Cappadocian district (Central Anatolia, Turkey) based on aridity and climate-process system. *International Journal of Human Sciences*, 8(1): 1234-1268.
- Yılmaz AG, Imteaz MA (2014) Climate change and water resources in Turkey: a review. *International Journal of Water*, 8(3):299-313.



Seedling growth characteristics of wheat seeds grown at different groundwater depths, without irrigation

Sulamasız koşullarda farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının fide büyüme özellikleri

Mehmet Sait KİREMİT¹, Hakan ARSLAN¹, Alieu SAİDY¹

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Samsun, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Groundwater table, Triticum aestivum, Seed germination, Seedling growth.

Corresponding author: Mehmet Sait KİREMİT

✉: mehmet.kiremit@omu.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: This study was carried out to investigate the influence of groundwater depths (30, 55 and 80 cm) on germination and seedling growth characteristics of wheat seed grown without irrigation.

Methods and Results: The wheat crops were grown in 9 lysimeters (60 cm diameter × 100 cm height) under rain shelter condition and then harvested wheat seeds from different groundwater depths were used for germination experiment. The results show that groundwater depths affected the early growth parameters of wheat seed. However, root fresh-dry weights and root lengths were not statistically influenced by groundwater depths, whereas these values increased with increase groundwater depth up to 55 cm and then decreased. Moreover, shoot length, shoot fresh weight and root dry weight were considerably affected by groundwater depths.

Conclusions: In the light of the obtained data, it can be said that the ground water depth will have a significant effect on seedling growth characteristics and grain productivity in considering wheat seed selection.

Significance and Impact of the Study: The obtained results from this study the highest early seedling growth parameters of wheat were obtained from 55 cm groundwater depths, while the lowest values were obtained from 80 cm groundwater depth. In the light of these values, under the shallow groundwater and without irrigation grown wheat crops, when groundwater depth is higher than 55 cm, reusing of wheat seeds were significantly decreased early growth parameters and consequently decreases yield losses.

Atf / Citation: Kiremit MS, Arslan H, Saidy A (2019) Seedling growth characteristics of wheat seeds grown at different groundwater depths, without irrigation. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :241-248

GİRİŞ

Sürekli artan insan nüfusunun yeterli ve kaliteli gıda ile beslenmesi 21. Yüzyılın en büyük sorunlarından birini oluşturmaktadır. Günümüzde, dokuz kişiden biri yeterli kalori sağlayabilmek için yeterli gıda ile beslenememekte ve hatta yetersiz gıda sorunlarından dolayı ciddi sorunlar yaşamaktadır (FAO, 2014). Küresel gıda güvenliğinin sağlanmasında tahıl ürünleri önemli gıda kaynağını oluşturmaktadır. Temel gıda ihtiyaçları arasında, insan

beslenmesinde buğday en önemli besin ihtiyacını sağlamaktadır (FAOSTAT, 2011). Buğday, dünyada en yaygın ekilen mahsul bitkisidir ve özellikle insanların beslenmesinde ana kalori kaynağını oluşturmaktadır (Çakmak, 2008). Ancak buğday bitkisi birçok çevresel faktörlerden (kuraklık ve tuzluluk stresi, iklim değişimi taban suyu) etkilenmektedir. Buğday üretiminin sürdürülebilirliği ve çevresel faktörlerin verim üzerinde ki etkisini en aza indirmek için, stres faktörlerinin kısa veya uzun dönemli etkilerinin neler olabileceği ve nasıl önlem

alınabileceği konusunda çalışmaların yürütülmesi ve alternatif çözümler üretilmesi gerekmektedir.

Abiotik stres faktörleri arasında, tuz stresi buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi, bitki büyüme ve gelişmesini azaltmakta ve sonuçta buğday veriminde önemli derecede düşümlere neden olan en önemli stres faktörü olarak görülmektedir (Atak ve ark., 2006; Saleh ve ark., 2015). Tahıl ürünleri, çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerinde tuzluluğa duyarlı bitkiler olarak değerlendirilir (Ghoulam ve Fares, 2001). Topraktaki tuz miktarının artması tohumların çimlenme oranını azaltır ancak çimlenme zamanının uzamasına neden olur (Lauchli ve Grattan, 2007).

Birçok bitkinin tuzlu topraklarda çimlenme ve erken fide gelişim potansiyeli azalmaktadır. Bunun nedeni, atık su, drenaj suyu veya tuz içeriği yüksek artezyen suyunun sulama da kullanılması yanı sıra çok sıcak iklim bölgelerinde topraktan aşırı buharlaşmanın gerçekleşmesi sonucunda toprakta tuz miktarının artmasından kaynaklanmaktadır. Topraktaki tuz hareketi ile taban suyu derinliği arasında yakından bir ilişki bulunmaktadır (Jin ve ark., 2012; Wang ve ark., 2015). Taban suyunda çözülmüş bulunan tuz mineralleri doğrudan veya kapilarite ile bitki kök bölgesine ulaşmaktadır. Bu durum, hem bitki gelişimini olumsuz etkilemekte hem de tuzlu ve sodyumlu toprakların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, taban suyunun yüzlek olması toprak gözeneklerinin su ile dolmasına neden olmakla birlikte bu durum toprağın hava ve su dengesinin bozulmasına, bitkilerin dengeli beslenmesini engelleyerek bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Ibrahimi ve ark., 2014; Gong ve ark.,

2015).

Literatür incelendiğinde, taban suyu derinliği ile buğday verim ve verim bileşenleri arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır (Ayars ve ark., 2006; Gowing ve ark., 2009; Ghamarnia ve Farmanifard, 2014). Ancak farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilen buğday tohumlarının çimlenme ve erken fide gelişimi ile ilgili çalışma bulunmamaktadır.

Dünyanın temel besin kaynağı olan buğday yetiştiriciliğinde kaliteli tohum seçimi verim üzerinde önemli etkiye sahiptir. Güçlü fide ve fide gelişimi verimi olumlu yönde etkilemektedir (Atar ve Kara, 2017). Bu nedenle, bu çalışma farklı taban suyu seviyesi koşullarında yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme ve erken fide gelişim özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Tohum kaynağı ve lizimetre denemesinin yürütülmesi Sulamasız olarak farklı taban suyu derinliği koşullarında yetiştirilmiş buğday tohumları elde etmek amacıyla yapılan bu çalışma; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme ve Araştırma arazisinde, Kasım 2017-Haziran 2018 tarihleri arasında dört tarafı açık üzeri plastik örtü ile kapalı 120 m² genişliğinde bir alanda lizimetre çalışması yürütülmüştür. Buğday tohumları, çapı 60 cm ve yüksekliği 100 cm olan lizimetrelere ve her lizimetreye 135 adet tohum ekimi yapılmıştır. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Parametreler	Değerleri	Parametreler	Değerleri
Ece (dSm ⁻¹)	0.27	Kum (%)	43.4
pH	8.08	Silt(%)	31.3
Na (meq 100gr ⁻¹)	3.86	Kil (%)	25.3
Mg (meq 100gr ⁻¹)	12.89	Bünye sınıfı	Tınlı
K ⁺ (meq 100gr ⁻¹)	0.6	Tarla Kapasitesi (%)	34.2
Ca (meq 100gr ⁻¹)	48.4	Solma Noktası (%)	20.9
P (P ₂ O ₅ da ⁻¹)	15.1	Organik Madde (%)	0.75
Kireç (%)	15.1	P (P ₂ O ₅ da ⁻¹)	9.77
KDK (meq 100gr ⁻¹)	65.75	ESP(%)	5.87

Kardeşlenme döneminden sonra, mariotte sistemi kullanılarak konularına göre lizimetrelere de 3 farklı taban suyu derinliği (30, 55 ve 80 cm) oluşturulmuştur. Çalışma da taban suyu olarak 0.20 dSm⁻¹ tuz içeriğine sahip çeşme suyu kullanılmıştır. Çalışma periyodu boyunca, buğday tohumları sadece kardeşlenme dönemine kadar yüzeyden sulanmış ve taban suyu oluşturulduktan sonra

sulama işlemi yapılmamıştır. Hasat döneminde, her bir lizimetredeki başaklar hasat edildikten sonra harman makinesinde harmanlama işlemi yapılmıştır. Çimlenme çalışması öncesinde, her bir taban suyu derinliği konuları için homojen olacak şekilde tohumlar seçilmiştir. Tohumların yüzey strelizasyonu %5'lik Sodyum Hipoklorit ile yapılmış ve daha sonra tohumlar saf su ile

yıkandıktan sonra hava kuru hale gelene kadar bekletilmiştir.

Çimlenme denemesinin kurulması

Çimlenme çalışması, 9 cm çapında ve cam malzemeden petri kaplarında yürütülmüştür. Cam petri kaplarının tabanına filtre kağıdı (Whatman's No:1) yerleştirildikten sonra her petri de 50 adet homojen buğday tohumu olacak şekilde cımbız yardımıyla tohum ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Tohumlar, her gün 0.20 dSm⁻¹ tuz içeriğine sahip çeşme suyu ile sulanmış ve cam petri kaplarından olası buharlaşmayı engelleyebilmek için kapların üzeri cam kapak ile kapatılmıştır. Daha sonra konusuna göre her petri kabı etiketlenmiş ve iklimlendirme dolabına alınarak 12 saat gündüz/gece olacak şekilde ortalama 20±1 °C sıcaklık ve %50 nem düzeyinde 14 gün boyunca iklimlendirme dolabında çimlendirme testine tabi tutulmuştur.

Çimlenme ve fide gelişim parametrelerinin ölçülmesi

Çalışma da, çimlendirme kontrolleri her gün yapılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olan tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (ISTA, 2003).

Çimlenme hızının tespiti için, 4. gün sonunda toplam çimlenen tohum sayısı ile toplam ekilen tohum sayısı oranlanarak Eşitlik 1'de Rubio-Casal ve ark. (2003) tarafından belirtilen eşitlik kullanılarak tespit edilmiştir. Eşitlikte, n₄: çimlendirme başlangıcından itibaren çimlenen toplam tohum sayısı (tane), d: teste konulan toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

$$\text{ÇH (\%)} = \frac{\sum n_4}{d} \times 100 \quad \text{Eş. (1)}$$

Çimlenme gücü tespiti için, 8. gün sonunda toplam çimlenen tohum sayısı (n₈) ile toplam ekilen tohum sayısı (d) oranlanarak tespit edilmiştir.

$$\text{ÇH (\%)} = \frac{\sum n_8}{d} \times 100 \quad \text{Eş. (2)}$$

Fide güç indeksi (FGİ) değeri tespiti için, Hossein ve Kasra (2011) tarafından belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{FGİ (\%)} = \text{Çimlenme oranı (\%)} \times \text{toplam kuru (sürgün+kök) ağırlık (mg 10 bitki⁻¹)}$$

Çalışma sonunda, buğday tohumlarının fide gelişim özelliklerine ait sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök kuru ve yaş ağırlıkları, sürgün ve kök uzunluğu parametrelerinde meydana gelen değişimi ortaya koyabilmek için her petri kapından tesadüfi olarak 10 adet fide seçilmiştir. Sürgün yaş ağırlığı değeri, her petriden alınan 10 adet fidenin tartılması ile edilmiştir. Sürgün ve kök uzunlukları her petriden alınan fidenin sürgün ve kök uzunluğu cetvel ile ölçülerek her petriye ait ortalama uzunluk değeri tespit edilmiştir. Sürgün ve kök kuru ağırlığı değerleri her petri kabından alınan 10 adet fidenin sürgün ve kökleri etüv de 70 °C'de 24 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

Deneme deseni ve istatistik analiz

Çimlendirme çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu çalışmada, sulamasız olarak farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişim özelliklerini arasındaki farklılıklar JMP 13 İstatistik Paket Programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla, konular arasındaki oluşan farklılıklar Student t testi yöntemine göre belirlenmiştir. Ayrıca, farklı taban suyu derinliği ile fide gelişim parametreleri arasındaki ilişkiler bar grafiği ile incelenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı taban suyu seviyelerinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi Çizelge 2' de verilmiştir. Lizimetre çalışmasında, buğday bitkilerinin yetiştirilme periyodu boyunca ortalama toprak nem içeriği D₁ (30 cm), D₂ (55 cm) ve D₃ (80 cm) için sırasıyla toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %87, %74 ve %57 oranında gerçekleşmiştir. Farklı taban suyu derinliğinin buğday tohumlarının çimlenme hızı, çimlenme gücü, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök/sürgün oranı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Ancak, taban suyu derinliğinin sürgün uzunluğu, sürgün kuru ağırlığı ve fide güç indeksi parametreleri üzerine p<0.05 düzeyinde, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerine p<0.01 düzeyinde etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 2. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişim parametreleri

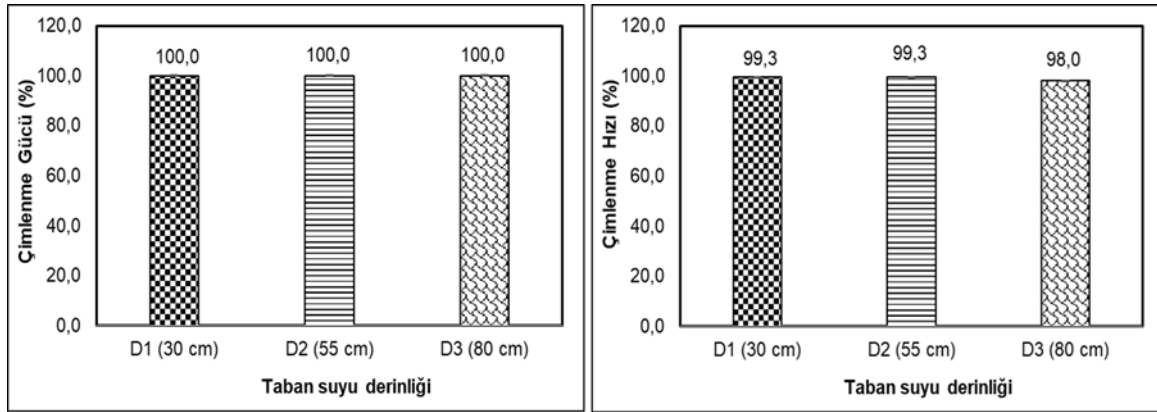
Varyasyon Kaynakları	df	Fide Gelişim Parametreleri									
		ÇG (%)	ÇH (%)	SU (cm)	KU (cm)	SYA (gr)	KYA (gr)	SKA (mg)	KKA (mg)	FGI (%)	Kök/Sürgün Oranı
Tekerrür	2										
Taban Suyu Derinliği	2	ÖD	ÖD	*	ÖD	**	ÖD	*	**	*	ÖD
Hata Genel	4										
LSD _{0,05}	8	-	4.0	2.02	1.97	0.20	0.32	10.50	5.24	376.06	0.20

ÇG: Çimlenme Gücü, ÇH: Çimlenme Hızı, SU: Sürgün Uzunluğu, KU: Kök Uzunluğu, SYA: Sürgün Yaş Ağırlığı, KYA: Kök Yaş Ağırlığı, SKA: Sürgün Kuru Ağırlığı, KKA: Kök Kuru Ağırlığı, FGI: Fide Güç İndeksi, **: p<0.01 önemlilik düzeyi, *: p<0.05 önemlilik düzeyi, ÖD: Önemli Değil.

Çimlenme Gücü ve Çimlenme Hızı

Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme gücü ve çimlenme hızı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 1). Şekil 1'de görüldüğü üzere, farklı taban suyu seviyelerinde tohumların çimlenme gücü %100 tespit edilmişken, çimlenme hızı değerleri ise %98 ile %99.3

arasında değişim göstermiştir. Elde edilen bu sonuçların, hem tohumların taze olması hem de çimlenme çalışmasında tohumların çimlenme ve fide gelişiminde stres oluşturmadan fide gelişimi sağlayacak tuz değeri (0.20 dSm⁻¹) düşük sulama suyu kullanılmasından kaynaklandığı söylenebilir.

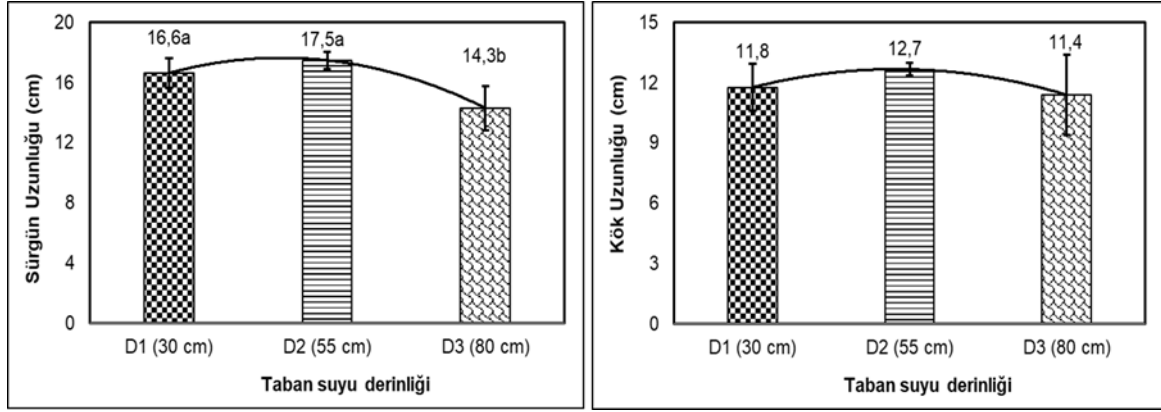


Şekil 1. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme gücü ve çimlenme hızı üzerine etkisi

Sürgün ve kök uzunluğu

Sulamasız koşullarda farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının en yüksek sürgün uzunluğu değerleri 30 cm ve 55 cm olan taban suyu seviyesinden elde edilirken en düşük sürgün uzunluğu taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konudan tespit edilmiştir (Şekil 2). Taban suyu 33 cm, 55 cm ve 80 cm derinliğindeki konular için kök uzunluğu sırasıyla 11.8, 12.7 ve 11.4 cm bulunmuştur. Çalışma kapsamında, taban suyu seviyesi toprak yüzeyine doğru yaklaştıkça taban suyundan beslenme miktarı da artmıştır. Bitki üst kısmı, kök bölgesinde yeterli nemin olması nedeniyle

ihtiyaç duyduğu su ve besin miktarını daha rahat karşıladığı söylenebilir. Birçok çevresel faktörler (tuz stresi, su stresi, sıcaklık, taban suyu) nedeniyle, tohumların sürgün ve kök uzunluklarında meydana gelen gerilemeler, tohumların bünyelerine yeterince suyu alamamasından kaynaklanmaktadır. Saberali ve Moradi (2017) buğday tohumlarında en yüksek sürgün ve kök uzunluğu değerleri tuzsuz ortam koşullarında gözlemlenmiş ve ortamın tuz içeriği arttıkça sürgün ve kök uzunluklarında önemli derecede azalmaların meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

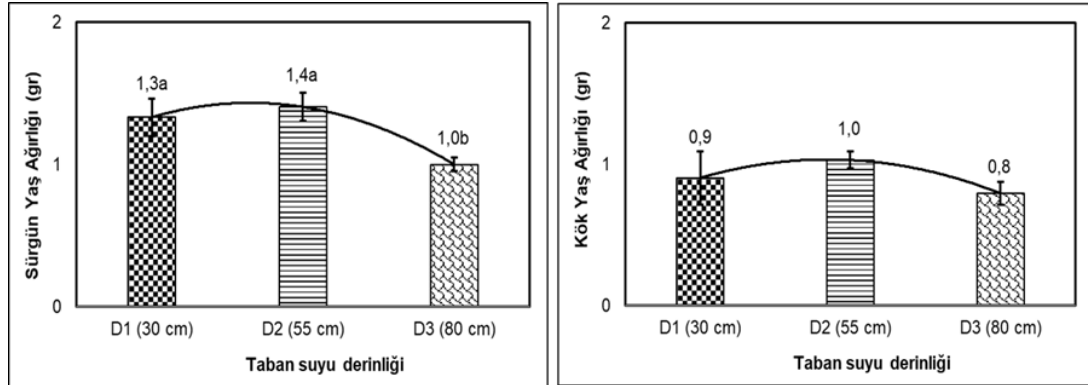


Şekil 2. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının sürgün ve kök uzunluğu

Sürgün ve kök yaş ağırlıkları

Şekil 3 incelendiğinde, taban suyu 55 cm derinliğinde iken yetişen buğday tohumlarının sürgün yaş ağırlığı değerleri en yüksek, 80 cm derinliğinde iken

yetişen buğdayların sürgün yaş ağırlığı D₂ konusuna göre %28,6 oranında azalmıştır. Kök yaş ağırlıkları incelendiğinde konular arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ortaya çıkmamış olup D₁, D₂ ve D₃ konularında sırasıyla 0,9, 1,0 ve 0,8 g saptanmıştır



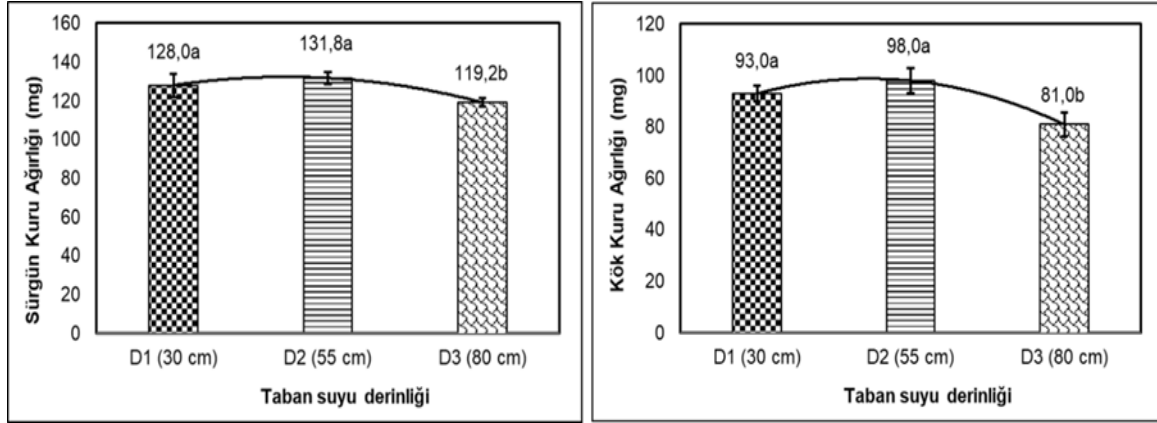
Şekil 3. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının sürgün ve kök yaş ağırlıkları

Sürgün ve kök kuru ağırlıkları

Şekil 4 görüldüğü üzere, sürgün ve kök kuru ağırlıkları değerlerinde parabolik artış ve azalış görülmektedir. Sürgün kuru ağırlıkları 119,2 mg ile 131,8 mg arasında değişim göstermiştir. En yüksek sürgün kuru ağırlığı ise D₁ ve D₂ konularında tespit edilmişken, ne düşük sürgün kuru ağırlığı D₃ konusunda belirlenmiştir. D₂ konusuna göre sürgün kuru ağırlıkları D₃ için %9,6 oranında azalmıştır.

Şekil 4'te incelendiğinde kök kuru ağırlıkları en yüksek 93 ve 98 mg değerleri ile D₁ ve D₂ konusundan ve en düşük değer ise D₃ konusundan 81 mg elde edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının fide kuru ağırlığı, sürgün ve kök kuru ağırlıklarındaki bu farklılıkların buğday tohumlarının canlılığı ve gücündeki farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilir.

Özellikle taban suyunun yüzlek olduğu D₁ ve D₂ konularında, buğday bitkilerinin yetiştirilme periyotlarında toprak nem içeriğinin yüksek olmasından dolayı daha az su stresi yaşadığı ve topraktaki makro ve mikro besin elementlerinden D₃ konusuna göre daha fazla yararlandığı ve bu nedenle buğday tanesinin büyüme kabiliyetini arttırdığı söylenebilir. Ancak, sulamasız koşullarda, taban suyunun 80 cm olduğu konu incelendiğinde, bitkileri yetiştirme ortamının nem düzeyi 30 ve 55 cm taban suyu seviyelerine kıyasla daha düşük olmasından dolayı, bitkiler su stresi ile karşı karşıya kalmıştır. Böylece bitkiler ihtiyaç duyduğu su ve besin elementlerinden yeterince yararlanamaması ve bu durumun fizyolojik olum dönemlerinde tohumların canlılık ve güç performanslarında kayıplara neden olduğu söylenebilir.

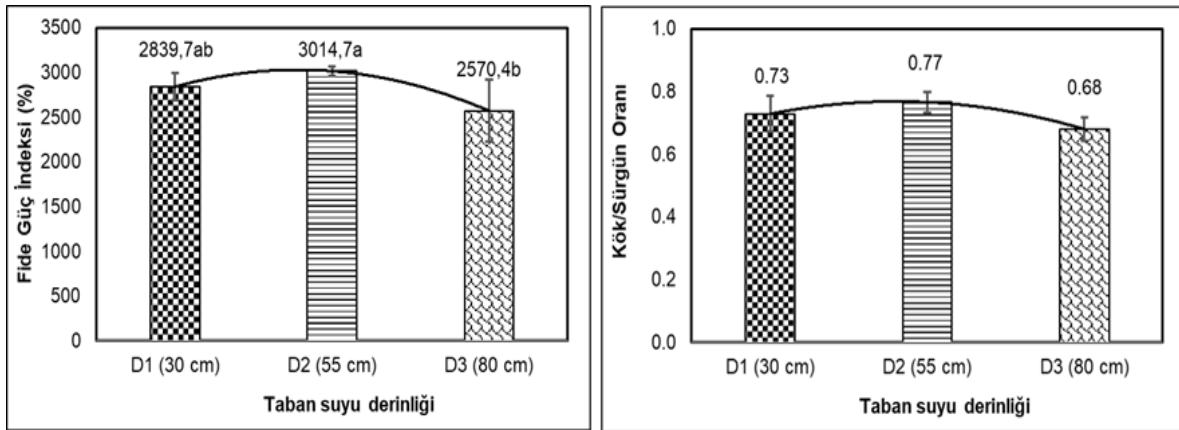


Şekil 4. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının sürgün ve kök kuru ağırlıkları

Fide güç indeksi ve kök/sürgün oranı

Fide güç indeksine ilişkin istatistiksel değerlendirmeyi veren Çizelge 1 ve Şekil 5'de görüldüğü üzere, farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının fide gelişim indeksi üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ önemlilik düzeyinde etkilediği

belirlenmiştir. Buna göre, en yüksek fide gelişim indisi D_2 konusunda ve en düşük değer ise D_3 konusunda tespit edilmiştir. Fide gelişim indeksi değeri D_2 konusuna göre D_1 ve D_3 konularında %5.8 ve %14.7 oranında azalma meydana gelmiştir.



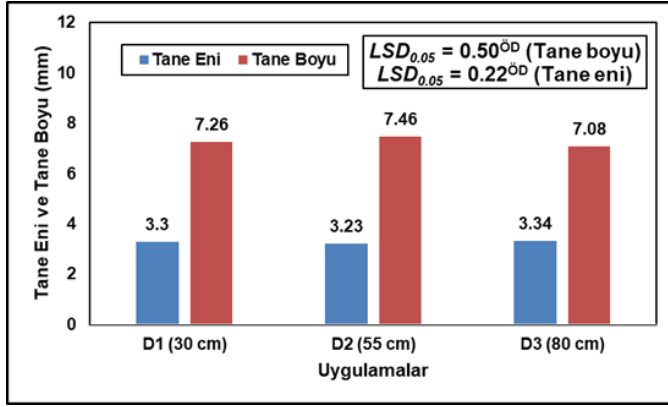
Şekil 5. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının fide güç indeksi ve kök/sürgün oranı

Fide gelişim özelliklerinin önemli parametrelerinden biri kök/sürgün oranı Şekil 5'te görüldüğü gibi taban suyu derinliğine göre kök/sürgün oranında önemli olmayan değişimler söz konusu olmuştur. D_1 , D_2 ve D_3 konuları için kök/sürgün oranı sırasıyla 0.73, 0.77 ve 0.68 bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının tekrar kullanılmasında tohum seçimi için taban suyunun önemli etkisinin olduğu söylenebilir. Bir başka ifade ile, taban suyu derinliği düştükçe, kapillarite ile toprak üst bölgesine su taşınımı azalmakta bununla birlikte buğday sürgünlerine temel besin elementlerinin taşınması azalmaktadır (Munns ve Termaat, 1986). Stres koşullarında yetiştirilmiş ve besin içeriği düşük olan tohumların tekrar kullanılması fide gelişimi ile birlikte verimde de önemli azalmalara neden olacağı söylenebilir.

Şekil 6 incelendiğinde, farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tanelerinin eni ve boy değerleri arasındaki farklılık meydana geldiği görülmektedir. En yüksek tane boyu 55 cm taban suyu derinliğinde elde edilmişken, en düşük değer ise 30 cm taban suyu derinliğinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, D_1 konusuna göre tane boyu değerleri sırasıyla D_2 konusunda %2.7 oranında artmışken, D_3 konusunda ise %2.5 oranında azalmıştır.

Tane eni verileri incelendiğinde, en düşük tane eni değeri D_2 konusunda elde edilirken, en yüksek tane eni değeri ise D_3 konusunda belirlenmiştir. Şekil 6 da görüldüğü üzere, farklı taban suyu derinliğinde yetişmiş buğday tohumlarının tane eni değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık oluşmamıştır. Özellikle, En yüksek tane eni ve en düşük tane boyu değerleri taban suyu derinliğinin 80 cm olduğu konu da belirlenmiştir.



Şekil 6. Farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının tane eni ve tane boyu değerleri

Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, farklı taban suyu derinliğinde yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme gücü ve çimlenme hızı üzerine taban suyu stresinin etkili olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sürgün uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve fide güç indeksi değerlerinde ise tabansuyu derinliğinin etkisinin olduğu görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde en iyi tohum gelişim özellikleri tabansuyu 30 cm derinlikte ve özellikle 55 cm derinlikte olduğu konulardan elde edilmiştir. Kuru tarım şartlarında ve tınlı bünyeli topraklarda taban suyunun 55 cm'in altında olması durumunda yetiştirilmekte olan buğdayları su stresine karşı karşıya olmalarından dolayı daha zayıf tane gelişimi söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle daha zayıf gelişmiş taneleri de daha düşük çimlenme karakteristikleri göstermiştir

ÖZET

Amaç: Bu çalışma sulamasız koşullarda farklı taban suyu derinliklerinde (30, 55 ve 80 cm) yetiştirilmiş buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişim özelliklerini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

Yöntemler ve Bulgular: Buğday bitkileri, 9 farklı lizimetrede (60 cm çapı × 100 cm yükseklik) üstü plastik örtü ile kapatılmış bir alanda yetiştirilmiş ve daha sonra farklı taban suyu derinliği konularından hasat edilen buğday tohumları çimlenme çalışmasında kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, farklı taban suyu derinliğinin buğday tohumlarının erken fide gelişimini etkilediğini göstermiştir. Ancak, taban suyu derinliğinin kök yaş-kuru ağırlıkları ve kök uzunluğunu istatistiksel olarak önemli etkilemediğini fakat bu veriler taban suyu derinliği 55 cm'ye yükselmesi ile artmakta ve daha sonra azalmaktadır. Bununla birlikte kök uzunluğu- yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı değerleri taban suyu seviyesinden

önemli derecede etkilenmişlerdir.

Genel Yorum: Elde edilen veriler ışığında, taban suyu derinliğinin buğday tohumu seçiminde göz önünde bulundurulmasında fide gelişim özellikleri ve tane üretkenliğini önemli derecede etkileyeceği söylenebilir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sulamasız ve yüzlek taban suyu koşullarında yetiştirilen buğday bitkilerinden elde edilen tohumların tekrar kullanılmasında, taban suyu seviyesi 55 cm'den daha yüksek olduğunda erken büyüme parametrelerini önemli ölçüde azaltacağı ve sonuçta verim kaybına neden olacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Tabansuyu derinliği, Triticum aestivum, tohum çimlenmesi, fide büyümesi.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG 1160492 projenin bir bölümüdür. TÜBİTAK'a finansal desteği için teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Atak M, Kaya MD, Kaya G, Çikili Y, Çiftçi CY (2006) Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30(1): 39-47.
- Atar B, Kara B (2017). The development of some winter wheat varieties during early seedling period. Ziraat Fakültesi Dergisi-Süleyman Demirel Üniversitesi 12(1): 34-38.
- Ayars JE, Christen EW, Soppe RW, Meyer WS (2006) The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. Irrigation Science 24(3): 147-160.
- Çakmak I (2008) Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant Soil. 302:1-17.
- FAO, IFAD, WFP (2014) The state of food insecurity in the World 2014. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. Rome, FAO.
- FAOSTAT (2011) Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics division. In: Stat. Data base. <http://faostt.fao.org/>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2019).

- Ghoulam C, Fares K (2001) Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Science and Technology* 29(2): 357-364.
- Ghamarnia H, Farmanifard M (2014) Yield production and water-use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under shallow groundwater use in semi-arid region. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60(12): 1677-1700.
- Gong L, Liu ZY, Tashpolat T (2015) Soil salinity characteristic and its determinant factors at different soil types in oasis of extreme arid region. *Arid Zone Res.* 32 (4): 657–662.
- ISTA (2003) *Handbook of Vigour Test Methods*. 2nd Edition. International Seed Testing Association (ISTA), Zürich, Switzerland. 49-56.
- Gowing JW, Rose DA, Ghamarnia H (2009) The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. *Agricultural water management* 96(3): 517-524.
- Hosseini AF, Kasra M (2011) Effect of hydropriming on seedling vigour in Basil (*Ocimum Basilicum* L.) under salinity conditions. *Adv. Environ. Biol.* 5(5): 828-833.
- Ibrahimi MK, Miyazaki T, Nishimura T, Imoto H (2014) Contribution of shallow groundwater rapid fluctuation to soil salinization under arid and semiarid climate. *Arabian Journal of Geosciences* 7(9): 3901-3911.
- Wang J, Bai J, Gao Z, Lu , Zhao Q (2015) Soil as levels and bioaccumulation in Suaeda salsa and Phragmites australis wetlands of the Yellow River Estuary, China. *BioMed Research Inter.* 7.
- Jin XM, Vekerdy Z, Zhang YK, Liu JT (2012) Soil salt content and its relationship with crops and groundwater depth in the Yinchuan plain (China) using remote sensing. *Arid Land Res. and Manage.* 26(3): 227-235.
- Läuchli A, Grattan SR (2007) Plant growth and development under salinity stress. In *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops* (pp. 1-32). Springer, Dordrecht.
- Munns R, Termaat A (1986). Whole-plant responses to salinity. *Functional Plant Biology* 13(1): 143-160.
- Rubio-Casal AE, Castillo JM, Luque CJ, Figueroa ME (2003) Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *J. Arid. Environ.* 53: 145-154
- Saberali SF, Moradi M (2019) Effect of salinity on germination and seedling growth of *Trigonella foenum-graecum*, *Dracocephalum moldavica*, *Satureja hortensis* and *Anethum graveolens*. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 3: 316-323.
- Saleh AM, Madany MMY (2015) Coumarin pretreatment alleviates salinity stress in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 88: 27-35.



Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation: the case of Van province

Arıtılmış atık su kalitesinin sulama suyu açısından ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesi: Van ili örneği

Talip ÇAKMAKCI¹, Üstün ŞAHİN²

¹Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Van, Turkey.

²Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Erzurum, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Treated wastewater, Treatment facility outlet water, Irrigation water quality, Irrigation, Van Province.

Corresponding author: Talip ÇAKMAKCI

✉: talipcakmakci@yyu.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The purpose of this study is to evaluate whether the effluent quality of outlet water at Van Province Urban Treatment Facility outlet water is suitable for use in irrigation within the framework of relevant legislation.

Methods and Results: In the study, the analysis was carried out at treated waste water samples the months representing the irrigation season (June, July, August and September). In the analysis; pH, EC, cations (Ca, Mg, Na, and K), anions (CO₃, HCO₃, SO₄, and Cl), chemical and biological oxygen needs, suspended solids, total N and P, fecal coliform, micro element and heavy metal contents (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, and Ni) were determined. In addition, % Na, sodium adsorption rate, permanent sodium carbonate and Langelier saturation index values were calculated. It has been determined that the results did not exceed the limit values in the regulation and can be used safely in short term irrigation.

Conclusions: According to the obtained results of the evaluation, the limit values did not exceed based on the "Turkey Wastewater Treatment Facility Technical Procedures Communique" and It has been observed that the use of treated wastewater in irrigation will not pose a risk.

Significance and Impact of the Study: In recent years, it is important to use treated wastewater, which is an alternative water source, for irrigation in order to preserve and reduce the pressure on existing clean water resources. In addition, thanks to the nutrients it contains in the treated wastewater, it will reduce the amount of chemical input in agricultural production.

Atf / Citation: Çakmakcı T, Şahin U (2019) Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation: the case of Van province. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :249-256

GİRİŞ

Sulamada kullanılan sular, çözülmüş tuzların türüne ve miktarına bağlı olarak kalite bakımından büyük ölçüde değişmektedir (Islam ve Shamsad, 2009). Özellikle kurak ve yarı kurak koşullarda düşük kaliteli sulama suyu daha fazla endişe vericidir. Mevcut su kaynaklarının tükenmesi ve yetersizliği sebebiyle alternatif su kaynağı arayışları hız kazanmaktadır. Alternatif su kaynağının başında da birçok ülkede kullanılmakta olan arıtılmış atık sular gelmektedir.

Atık suların kesin bileşimi açık bir şekilde farklı kaynaklar

ve zamanlar arasında değişmekle birlikte, ana bileşeni sudur. Atık suların yaklaşık olarak % 99'unun su ve % 1'inin askıda, koloidal ve çözülmüş katı maddelerden oluştuğu bilinmektedir (UN, 2014). Dolayısıyla arıtılmış atık sular, suyun ve diğer önemli bileşenlerin geri kazanılması, atık suyun bertarafı ve güvenli bir şekilde yeniden kullanılması dahil, çok sayıda fırsat sunmaktadır. Atık su, büyük ölçüde tüm yıl boyunca mevcut olan bir su kaynağı olarak kabul edilmektedir (Hussain ve ark., 2002; Qadir ve Scott 2010; Becerra-Castro ve ark., 2015). Suyun mevcudiyeti ve besleyici özellikleri, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde son derece değerli olmaktadır. Birçok

kurak ve yarı kurak bölgede, artırılmış atık suyun tarımda yeniden kullanılmasının tarımsal üretimin sürdürülmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu bilinmektedir (Lazarova ve Bahri 2004; Gourbesville 2008). En önemlisi de daha yüksek verim, çoklu ekim döngüsü ve daha geniş bir ürün yetiştirme yelpazesine izin vermektedir (Qadir ve Scott 2010).

Orta Doğu, Kuzey ve Güney Afrika, Kuzey Akdeniz ülkeleri, ABD, Avustralya ve Çin'in bir bölümünde atık suyun tarımda yeniden kullanılması geleneksel bir uygulama olup su kaynakları yönetiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Toplam su arzının % 10 ila 40' ını ve sulama suyu arzının da yaklaşık % 30 ila 70' ini temsil etmektedir (Raschid-Sally ve Jayakody 2009).

Sulamada, atık suyun yeniden kullanma potansiyeli yüksek olsa da dikkatli bir şekilde yönetilmediğinde tehlike yaratmaktadır. Çünkü artırılmış atık suyun içinde besleyici maddeler dışında ağır metaller, tuzlar ve zararlı kimyasallar bulunmaktadır. Çevre bu bileşenlerin her biriyle ilişkili olduğundan atık su kullanımına dikkat edilmelidir (Kontas ve ark., 2004). Bununla birlikte, atık suyun yeniden kullanımı halk sağlığının korunmasına, uygun atık su arıtma teknolojisine, arıtma güvenilirliğine, su yönetimine ve halkın kabulüne ve katılımına dikkat edilmesini gerektirmektedir (Kang ve ark., 2007). Ayrıca, atık suyun sulamada kullanımı, toprak ve yeraltı suları için olası bazı çevresel riskleri beraberinde getirmektedir. Artırılmış atık suların arazide kullanılması için öncelikle suyun kalitesinin yeterli seviyede olması gerekmektedir. Ülkemizde, Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'ne göre artırılmış atık suyun sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenliğini, sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranını, Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonunu, bazı şartlarda Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının toplam konsantrasyonunu, toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ-gres gibi yüzen maddelerin ve patojen organizmaların miktarının incelenmesi gerekmektedir (Anonim 2010). Bu çalışmada da Van ili Kentsel Arıtma Tesisi çıkış suyunun kalitesi ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler ve bazı uluslararası kriterler eşliğinde irdelenmiş, suyun kalitesine bağlı olarak da sulama suyu olarak kullanılıp-kullanılmayacağı değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma İşletme Müdürlüğüne ait deneme alanında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü Van İli, uzun

yıllar ortalama yağış miktarı 388,5 mm (Anonim, 2016) olup yarı kurak iklime sahiptir. Denemede kullanılan artırılmış atık su, çalışma alanına yaklaşık 5 km mesafede bulunan Van İskele Atıksu Arıtma Tesisi'nden temin edilmiştir. Tesise giren işlenmemiş atık su öncelikle fiziki arıtmadan geçerek ön çökeltim havuzuna, oradan da havalandırma havuzuna aktarılmaktadır. Havalandırılarak bakteri havuzundan geçen atık su son çökeltim ünitesine aktarılmakta ve buradan da deşarj edilmektedir.



Şekil 1. Arıtma Tesisi çıkış suyu

Sulama suyu örnekleri her iki yılda da sulama sezonunda Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının ortalarında olmak üzere 4 kez alınmış ve laboratuvara getirilip analizler yapıncaya kadar +4°C buzdolabında bekletilmiştir. Alınan artırılmış atık su örneklerinde; pH, EC, Katyonlar (Ca, Mg, Na, K), Anyonlar (CO_3 , HCO_3 , SO_4 , Cl), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), askıda katı madde (AKM), toplam N (TN), toplam P (TP), Fekal koliform, mikro element ve ağır metal içerikleri (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni) belirlenmiştir. Ayrıca %Na, Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Langelier Saturasyon İndeksi (LSI) değerleri de hesaplanmıştır. Denemede, pH, pH metre (Ayyıldız, 1983); Elektriksel iletkenlik (EC), Kondüktivimetre ile doğrudan (Ayyıldız, 1983); CO_3 ve HCO_3 , Fenolftaleyn ve bromkrosel yeşili indikatörleri kullanılarak sülfirik asitle yapılan titrasyon ile (Tüzüner, 1990); SO_4 , Hazır kit kullanılarak Hach Lange Dr 5000 UV/VIS marka spektrofotometrede okumalar yapılarak (HACH, 2005); Cl, Potasyum kromat indikatörü kullanılarak gümüş nitrat ($AgNO_3$) ile titre edilerek (Tüzüner, 1990) belirlenmiştir. KOİ: LCK 400 Hach hazır kitleri kullanılarak hazırlanan örneklerin öncelikle Permo reaktör cihazında ısıtılarak tepkimeye girmesi sağlanmış sonrasında Hach Lange Dr 5000 UV/VIS marka spektrofotometrede okumalar gerçekleştirilmiştir

(HACH, 2005). BOİ₅: Su örnekleri 5 gün boyunca Hach marka BOI cihazına konulan su örnekleri soğurmalı inkibatörde 20 ± 1 °C' de bekletilmiş sonrasında cihazdan okumalar yapılmıştır (HACH, 2010). Askıda katı madde (AKM): Su örneği, düzenekli bir filtreden geçirilmiş, filtre edilemeyen materyal 105°C'de kurutularak kalıntı miktarı hassas terazide tartılarak belirlenmiştir (APHA, 1995). Fekal koliform: Membran filtrasyon yöntemi ile belirlenmiştir (Eckner, 1998). Toplam N (TN): Kjeldahl yöntemine göre analiz edilerek hesaplama ile belirlenmiştir (Anonim, 2015). Toplam P (TP): Fosfor ve fosfat (P, PO₄³⁻ ve P₂O₅) analizleri HACH DR 5000 model spektrofotometrede HACH 8048 nolu PhosVer 3 (Ascorbic Acid)-(0.02- 2.50 mg/l PO₄³⁻) metodu ile PhosVer 3 phosphate Powder Pillowisimli fosfor reaktifi kullanılarak yapılmıştır (HACH, 2010). Bor: Karmin metoduna göre belirlenmiştir (Hatcher ve Wilcox, 1950). Katyonlar, mikro elementler ve ağır metaller (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni): Su örnekleri Anonim (1996; 2007)'de belirtilen yöntemlere göre analize hazırlandıktan sonra İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP- OES) cihazında okumalar yapılarak belirlenmiştir. Yüzde sodyum (% Na): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$\%Na = \frac{Na}{Na+Mg+Ca+K} \times 100 \quad \text{Eş. (1)}$$

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad \text{Eş. (2)}$$

Kalıcı Sodyum karbonat (RSC): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$RSC = (CO_3+HCO_3) - (Ca+Mg) \quad \text{Eş. (3)}$$

SAR, RSC ve % Na eşitliklerinde iyon konsantrasyonları me/l' dir.

Langelier Saturasyon İndeksi (LSI): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ayers ve Westcot 1994).

$$LSI = pH_a - pH \quad \text{Eş. (4)}$$

pH_a ; gerçek pH değeri, pH_c; suyun kireç ile dengeye ulaştığındaki tepkimesidir. pH_c değeri Kanber ve ark., (1992)'na göre belirlenmiştir.

Sulamada kullanılacak olan suların kalitesinin değerlendirilmesi Çizelge 1'e, sulama sularında izin verilebilir ağır metal miktarları Çizelge 2'e ve damla sulama yönteminde tıkanmayı etkileyen su kalite ölçütleri de Çizelge 3'e göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Sulama suyu kalitesini değerlendirme ölçütleri (Anonim, 2010)

Parametre	Birim	Kullanımında zarar derecesi		
		Yok (I. sınıf su)	Az – orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)
Tuzluluk				
İletkenlik	µS cm ⁻¹	< 700	700-3000	>3000
Toplam çözünmüş madde	Mg l ⁻¹	< 500	500-2000	>2000
Geçirgenlik				
SAR _{Adj.*}	0-3	EC ≥ 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3-6	≥ 1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6-12	≥ 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12-20	≥ 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20-40	≥ 5.0	5.0-2.9	< 2.9
İyon toksisitesi				
Sodyum (Na)				
Yüzey sulama (SAR)		< 3	3-9	> 9
Damla sulama	mg l ⁻¹	< 70	> 70	
Klor (Cl)				
Yüzey sulama	mg l ⁻¹	< 140	140 –350	> 350
Damla sulama	mg l ⁻¹	< 100	> 100	
Bor (B)	mg l ⁻¹	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0

Çizelge 2. Sulama sularında izin verilebilir ağır metal miktarları (Anonim, 2010)

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar (kg ha ⁻¹)	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar (mg l ⁻¹)	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığında sınır değerler	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında sınır değerler
Alüminyum (Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Berilyum(Be)	90	0.1	0.5
Bor (B)	680	-	2.0
Kadmiyum (Cd)	9	0.01	0.05
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Lityum (Li)	-	2.5	2.5
Manganez (Mn)	920	0.2	10.0
Molibden (Mo)	9	0.01	0.05
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum (Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

Çizelge 3. Damla sulama yönteminde tıkanmayı etkileyen su kalite ölçütleri (Anonim, 2010)

Parametre	Birim	Kullanımında zarar derecesi		
		Yok	Az – orta	Tehlikeli
AKM	mg l ⁻¹	< 50	50-100	> 100
pH		< 7	7-8	> 8
TDS	mg l ⁻¹	< 500	500-2000	> 2000
Mangan	mg l ⁻¹	< 0.1	0.1-1.5	> 1.5
Demir	mg l ⁻¹	< 0.1	0.1-1.5	> 1.5
H ₂ S	mg l ⁻¹	< 0.5	0.5-2.0	> 2.0
Bakteri sayısı	sayı l ⁻¹	< 10000	10000-50000	> 50000

AKM: Askıda katı madde, TDS: Toplam çözünmüş katı madde

BULGULAR ve TARTIŞMA

Denemede kullanılan arıtılmış atık suya ait pH, elektriksel iletkenlik (EC), anyon ve katyonlar, mikro element ve ağır metal içerikleri, toplam azot (TN), toplam fosfor (TP),

askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅), Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC), Yüzde Sodyum (% Na), Langelier Saturasyon İndeksi (LSI) ve fekal koliform değerlerine ilişkin analiz sonuçları ve hesaplamalar Şekil 2 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

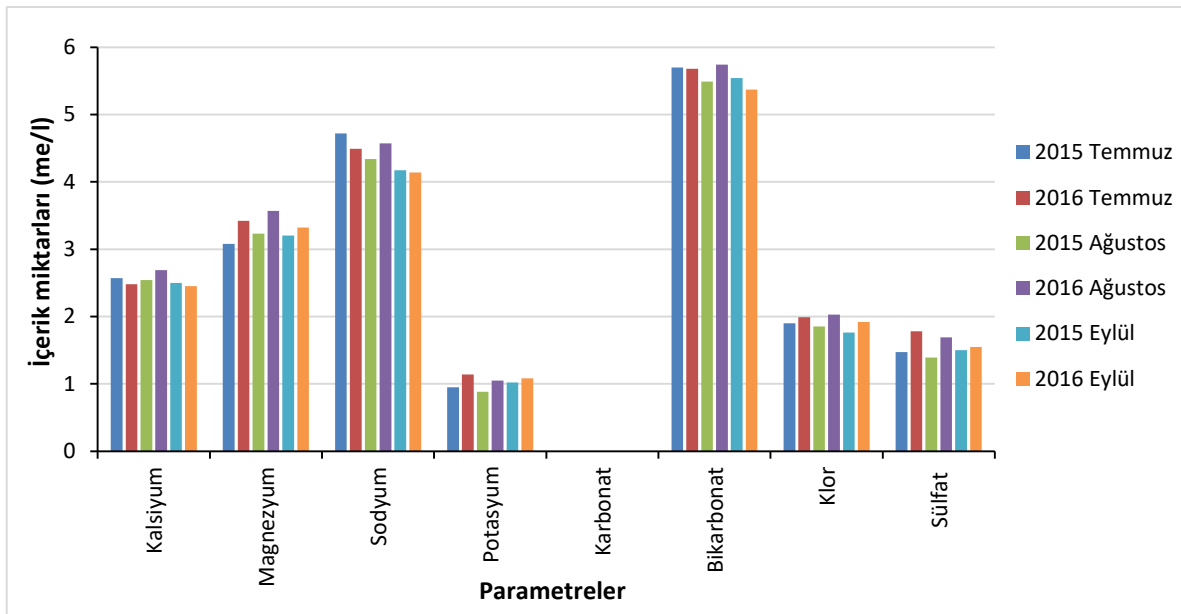
Çizelge 4. Arıtılmış atık suyun bazı analiz sonuçları

Aylar	Temmuz		Ağustos		Eylül	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Parametreler						
pH	7.52	7.90	7.85	7.15	7.41	7.66
EC (dS m ⁻¹)	1.052	0.972	1.021	1.028	0.967	0.918
B (mg l ⁻¹)	0.390	0.350	0.410	0.270	0.330	0.440
Mn (mg l ⁻¹)	0.056	0.057	0.048	0.074	0.050	0.064
Cu (mg l ⁻¹)	0.012	0.013	0.011	0.016	0.010	0.011

Çizelge 4. (devamı)

Fe (mg l ⁻¹)	0.372	0.484	0.454	0.473	0.351	0.451
Zn (mg l ⁻¹)	0.013	0.007	0.012	0.009	0.010	0.011
Cr (mg l ⁻¹)	0.002	0.004	0.002	0.002	-	0.002
Cd (mg l ⁻¹)	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
Ni (mg l ⁻¹)	0.027	0.025	0.031	0.027	0.019	0.027
Pb (mg l ⁻¹)	0.004	0.005	0.007	0.005	0.008	0.006
TN (mg l ⁻¹)	8.25	9.32	9.77	10.52	10.09	8.70
TP (mg l ⁻¹)	0.680	1.240	1.010	1.160	0.800	0.930
AKM (mg l ⁻¹)	26	25	28	34	24	27
KOİ (mg l ⁻¹)	36.10	40.50	35.70	37.70	33.40	36.50
BOİ ₅ (mg l ⁻¹)	21.70	25.80	20.90	22.60	20.10	21.80
SAR	2.810	2.610	2.560	2.580	2.470	2.440
RSC (me l ⁻¹)	0.050	-	-	-	-	-
% Na	41.70	38.90	39.50	38.50	38.30	37.70
LSI	+0.300	+0.600	+0.540	-0.030	+0.120	+0.390
Fekal koliform (EMS 100 ml ⁻¹)	145	120	176	185	162	137

‘-’:Tespit edilemedi, Haziran ayında atık su ile sulama yapılmadığı için sonuçlar değerlendirilmemiştir.



Şekil 2. Arıtılmış atık suyun anyon ve katyon içerikleri

Çizelge 4 incelendiğinde arıtılmış atık suyun pH değerleri 7.15-7.90 arasında değiştiği görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki Kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına (Anonim, 2008) göre kullanılan suların pH değerleri 6.60-8.50 arasında yer aldığından 1. sınıf sular grubunda bulunmaktadır. Arıtılmış atık suyun EC değerleri ise 0.918-1.052 dS m⁻¹ arasında olup "Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" (Anonim, 2010)'ne göre 2. sınıf su kategorisinde yer almaktadır. Sularda bulunan katyonlardan özellikle Ca + Mg konsantrasyonu ile pH değerlerinin yüksek olması (>8.0), damla sulamada damlatıcıların tıkanma riskini artırmaktadır (Ayers ve Westcot, 1994). Çalışmada

arıtılmış atık suyun pH'sının 8'in altında belirlenmesi ve Çizelge 3'deki tuzluluk sınır değerlerinin de aşılmaması Ayers ve Westcot (1994)'a göre damla sulama sistemlerinde tıkanma riskini azaltmaktadır. Denemenin birinci yılının Ağustos ayındaki arıtılmış atık su örneğinin LSI değeri 0.54, ikinci yılının Temmuz ayı LSI değeri de 0.60 olarak tespit edilmesine rağmen kireç birikimi açısından düşük riskli olarak değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, LSI değerlerinin daha düşük ve sifıra yakın belirlenmiş olması herhangi bir aşındırma ve birikme olmayacağını göstermektedir (Rafferty, 1999; Metcalf ve Eddy, 2003). Yine arıtılmış atık suların özellikle damla sulama sistemleriyle uygulanmasında önemli bir faktör

de suyun içindeki askıda katı madde (AKM) miktarıdır. Kullanılan suların AKM miktarları 24-34 mg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010)'ne göre damla sulama sistemlerinde kullanılabilir sınır değer 50 mg l⁻¹ dir (Çizelge 3). Dolayısıyla, bu durum fiziksel bir tıkanma olmayacağı olarak yorumlanabilir.

Sulardaki Na'nın diğer katyonlara göre oranının belirlenmesi Na'nın toprak yapısını bozucu etkisini değerlendirmede önemli olmaktadır. Bu göstergelerden % Na ve SAR değerlerinin yüksek olduğu görülmüş ancak sulamada kullanılabilir sınırlar (Çizelge 1) içerisinde kaldığı görülmektedir (Anonim, 2010; Kanber ve Ünlü, 2010). Toprakların fiziksel özelliklerindeki bozulmayı değerlendirmede diğer bir parametrede Kalıcı Soyudum Karbonat (RSC) miktarıdır (Kanber ve Ünlü, 2010). Arıtılmış atık su örneklerinin RSC değeri en yüksek 0.05 me l⁻¹ belirlenmiş olup, Eaton (1950)'in belirtmiş olduğu sınır değerlerin (izin verilebilir RSC miktarının <2.5 me l⁻¹) çok altında kalmıştır.

Toksik etkisi bir iyon olan sodyum (Na) içeriği arıtılmış atık sularda 4.14-4.72 me l⁻¹ arasında değişmiştir (Şekil 2). Bu değerler Anonim (2010)'e göre değerlendirildiğinde 2. sınıf sular grubuna girmekte fakat kullanımında zarar derecesi olarak az-orta sınıfta yer almaktadır. Toksik etkisi olan bir diğer iyon da klor (Cl)'dur. Arıtılmış atık suların Cl içerikleri 1.76-2.03 me l⁻¹ arasında değişmiş, Anonim (2010)'e göre 1. sınıf su sınıfına girmiştir. Ayrıca Scofield 1936 yöntemi 4 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları çok iyi, Doneen 1954 yöntemi 5 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları çok iyi-iyi, Christiansen 1977 yöntemi de 3 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları 1. sınıf sular olarak değerlendirilmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Çalışma suyu Scofield 1936, Doneen 1954 ve Christiansen 1977 yöntemine göre de 1. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Bor da toksik etkisi olan özel bir iyondur. Suların Bor içerikleri 0.040-0.440 mg l⁻¹ arasında değişmiştir. Toksik etki açısından her iki yıl verileri de Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010)'ne göre kullanılmasında sakınca olmayan sular sınıfında yer almıştır. Yine aynı şekilde Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1985) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2004) sulama suyu Bor içeriğinin 0.75 mg l⁻¹'den düşük seviyelerdeki suların uzun süreli sulamada kullanımının sorun yaratmayacağını bildirmişlerdir.

Arıtılmış atık suyun Potasyum (K) içeriği 0.88- 1.14 me l⁻¹ arasında olup kullanımda herhangi bir sıkıntı bulunmayan sular niteliğindedir. Sülfat (SO₄) içerikleri 0.55-1.78 me l⁻¹ arasında değişmektedir. Kanber ve Ünlü (2010), Scofield 1936 yöntemine göre sulama suyu SO₄ içeriği <4 me l⁻¹ ise sulama suyu sınıfının çok iyi

olduğunu ve kullanılması durumunda sorun oluşturmayacağını belirtmişlerdir. Ancak, kullanılan arıtılmış atık suyun HCO₃ konsantrasyonları FAO sistemine göre bitkilerde sorun oluşabileceğine işaret etmektedir.

Arıtılmış atık suların Mangan (Mn) içerikleri 0.048- 0.074 mg l⁻¹; Demir (Fe) içerikleri 0.351-0.484 mg l⁻¹; Bakır (Cu) içerikleri 0.010-0.016 mg l⁻¹; Çinko (Zn) içerikleri 0.007- 0.013 mg l⁻¹; Krom (Cr) içerikleri 0.002-0.004 mg l⁻¹; Kadmiyum (Cd) içerikleri 0.001- 0.002 mg l⁻¹; Nikel (Ni) içerikleri 0.019- 0.031 mg l⁻¹ ve Kurşun (Pb) içerikleri 0.004-0.008 mg l⁻¹ aralığında değişmektedir (Çizelge 4). Belirlenen değerler Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2004) sınır değerlerinin altında (Çizelge 2) kaldığından sulamada kullanılmasında sakınca bulunmamaktadır.

Atık suların besleyici özelliklerinin başında azot ve fosfor gelmektedir. Arıtılmış atık suların toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) içerikleri sırasıyla 8.25-10.52 mg l⁻¹ ve 0.68-1.24 mg l⁻¹ aralığında belirlenmiş olup, Anonim (2008) sınıflandırmasına göre IV. sınıf sulardır.

Arıtılmış atık sularda Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ₅) içerikleri sırasıyla 33.40-40.50 mg l⁻¹ ve 20.10-25.80 mg l⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Anonim (2008)'de verilen sınır değerler dikkate alındığında KOİ değerleri bakımından II. sular sınıfında, BOİ değerleri açısından ise IV. sular sınıfında yer almaktadır.

Arıtılmış atık suların sulamada kullanılmasında dikkate alınması gereken en önemli parametrelerinden biri de suyun mikrobiyolojik özelliğidir. Ticari olarak işlenen gıda ürünleri ve meralarda kullanılan suları için mikrobiyolojik sınır değeri 200 EMS/100 ml' dir. Arıtılmış atık suyun fekal koliform miktarı 120-185 EMS/100 ml arasında belirlenmiştir. Kıta içi su kaynakları sınıflandırılması (Anonim, 2008)' na göre arıtılmış atık su 2. sınıf olup kullanımında sıkıntı bulunmamaktadır. Yine Dünya Sağlık Örgütü'nün arıtılmış atık su için sınır değer olarak belirlediği 1000 EMS/100 ml' yi de aşmadığı tespit edilmiştir (WHO, 1989; EPA, 2004).

Çizelge 4'teki veriler genel olarak değerlendirildiğinde birinci ve ikinci yıl analiz sonuçları ile aynı yıl içerisinde dönemlere göre analiz sonuçları arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir. Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010), Kıta içi su kaynakları sınıflandırması (Anonim, 2008) ile uluslararası bazı ölçütlere göre değerlendirilmiş ve arıtılmış atık suların özellikle kısa vadeli kullanımlarında herhangi bir sıkıntı bulunmadığı belirlenmiştir. Ayrıca arıtılmış atık suların kısıtlı su kaynağı olan kurak ve yarı kurak alanlarda alternatif güvenilir bir su kaynağı olduğu

kanısına varılmıştır. Buna ek olarak arıtılmış atık su ile uzun vadede sulama yapılması düşünüldüğünde de arıtılmış atık suyun düzenli bir şekilde içerik analizlerinin yapılarak kontrol edilmesi önerilmektedir.

ÖZET

Amaç: Van ili Kentsel Arıtma Tesisi çıkış suyu kalitesinin sulamada kullanım için uygun olup olmadığını ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirmektir.

Yöntemler ve Bulgular: Çalışmada, sulama sezonunu temsil eden Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında arıtılmış atık su örnekleri alınarak analiz yapılmıştır. Analizde; pH, EC, katyonlar (Ca, Mg, Na, K), anyonlar (CO₃, HCO₃, SO₄, Cl), kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyaçları, askıda katı maddeler, toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP), fekal koliform, mikro element ve ağır metal içerikleri (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni) belirlenmiştir. Ayrıca % Na, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), kalıcı sodyum karbonat (RSC) ve Langelier saturasyon indeksi (LSI) değerleri hesaplanmıştır. Sonuçların yönetmelikteki sınır değerleri aşmadığı ve kısa vadeli sulamalarda güvenle kullanılabilceği belirlenmiştir.

Genel yorum: Çalışma sonunda arıtma tesisi çıkış suyunun (arıtılmış atık su) ilgili mevzuatta belirtilen sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür. Arıtılmış atık suların sulama için kısa vadeli kullanımlarda güvenle kullanılabilceği uzun vadeli kullanımlarda ise su kalitesinin kontrol edilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Son yıllarda azalmakta olan mevcut temiz su kaynaklarının korunması ve üzerindeki baskının azaltılması için alternatif bir su kaynağı olan arıtılmış atık suların sulamada kullanılması önem arz etmektedir. Ayrıca arıtılmış atık sular, içerisinde ihtiva ettiği besin elementleri sayesinde tarımsal üretimde kimyasal girdi miktarını da azaltmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Arıtılmış atık su, arıtma tesisi çıkış suyu, sulama suyu kalitesi, sulama, Van

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın hazırlamış olduğu Doktora tezinin bir bölümünü içermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (1996) Acid digestion of sediments, sludges, and soils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf> (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2015)
- Anonim (2007) Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3051a.pdf> (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2015).
- Anonim (2008) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm> (Erişim tarihi: 15 Temmuz 2018).
- Anonim (2010) Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği.
- Anonim (2015) AOAC, "Official methods of analysis", method 979.09
- Anonim (2016) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN> (Erişim tarihi: 19 Ocak 2018).
- APHA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SM_WW_1000-3000.pdf (Erişim tarihi: 5 Temmuz 2015).
- Ayers RS, Westcot DW (1994) Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper-29 Rev.1., Rome, Italy.
- Ayyıldız M (1983) Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879/244.
- Becerra-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC (2015) Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. Environment International, 75, 117-135.
- Eaton FM (1950) Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science, 69, 123-133.
- Eckner KF (1998) Comparison of membran filtration and multiple-tube fermentation by the coliert and enterolent methods for detection of waterborne coliform bacteria and bathing water quality monitoring in Southern Sweden. Applied and Environmental Microbiology, 64(8), 3079-3083.
- EPA (2004) Guidelines For Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

- FAO (1985) The State of Food And Agriculture. (<http://www.fao.org/3/a-ap665e.pdf>) (Erişim tarihi: 15 Kasım 2017).
- Gourbesville P (2008) Challenges for integrated water resources management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33, 284-289.
- Hach (2005) DR 5000 Spectrometer Procedures Manuel, <http://tr.hach.com/quicksearchdownloadsearch.jsa?keywords=kullan%C4%B1> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2016).
- Hach (2010) Hach Bodtrak II, <http://tr.hach.com/bodtrak-ii-aksesuarlar-ile-birlikte-respirometrikboi- aparat/productdownloads> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2016).
- Hatcher JT, Wilcox LV (1950) Colorimetric determination of boron using carmine. *Analytical Chemistry*, 22(4), 567-569.
- Hussain I, Raschid L, Hanjra MA, Marikar F, Van Der Hoek W (2002) Wastewater Use in Agriculture: Review of Impacts and Methodological Issues in Valuing Impacts: with an Extended List of Bibliographical References, Iwmi.
- Islam MS, Shamsad SZKM (2009) Assessment of irrigation water quality of Bogra district in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34(4), 507-608.
- Kontas A, Kucuksezgin F, Altay O, Uluturhan E (2004) Monitoring of eutrophication and nutrient limitation in the Izmir Bay (Turkey) before and after wastewater treatment. *Plant. Environ. Int.*, 29, 1057-1062.
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O (1992) Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Zir. Fak. Yayınları. Genel Yayın No.21 Ders Kitabı. Yayın No:6, Adana.
- Kanber R, Ünlü M (2010) Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281, Kitap No: A-87, Adana.
- Kang S, Shi W, Zhang J (2000) An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*, 67(3), 207-214.
- Lazarova V, Bahri A (2004) Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass, CRC Press.
- Metcalf ve Eddy (2003) Wastewater engineering treatment and reuse, Fourth Edition, McGrawHill, New York.
- Qadir M, Scott CA (2010) Non-Pathogenic Trade-Offs of Wastewater Irrigation. In: Drechsel, P., Scott, C. A., Raschid-Sally, L., Redwood, M. & Bahri, A. (Eds.) Wastewater Irrigation and Health: Assessing and Mitigating Risk in Low Income Countries. London: Earthscan.
- Rafferty K (1999) Scaling in Geothermal Heat Pump Systems. U.S. Department of Energy, Oregon, USA.
- Raschid-Sally L, Jayakody P (2009) Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: Results from a global assessment, IWMI.
- Tüzüner A (1990) Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- UN (2014) The United Nations World Water Development Report. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-pdf> (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2018).
- USSL (1954) United States Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Şaline and Alkali Soils, Agriculture handbook No:60. USDA.
- WHO (1989) Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series No: 778, Geneva.



Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses

Seralarda soğutma pedi olarak bazı yerel malzemelerin uygunluklarının değerlendirilmesi

Sedat BOYACI¹, Adil AKYÜZ²

¹Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kırşehir, Turkey.

²Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kahramanmaraş, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:12.11.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Greenhouse, cooling pad, local material, cooling, cooling effect.

Corresponding author: Sedat BOYACI

✉: sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: In this study, it is aimed to determine the cooling efficiencies, cooling capacity and water consumption of the local materials that can be used as an alternative to commercial pads in the cooling of greenhouses and their use with the shading net.

Methods and Results: In this study, natural ventilation and natural ventilation+shading net applications were found to be inadequate in reducing indoor temperature values and the necessity of evaporative cooling systems was revealed. Then, as a cooling material, celdek pad, grater shavings, straw, and combinations of materials with shading net were used to increase system efficiency. According to the results, the highest cooling efficiency in celdek pad is 56.722%, but this ratio increased to 67.45% when used with shading net. While the highest cooling efficiency in straw application was 29.96%, this ratio reached 32.77% when used with straw+shading net. While the highest cooling efficiency in grater shavings was 41.08%, this ratio reached 44.44% when used with grater shavings+shading net.

Conclusions: As a result of the study, it was determined that commercially produced celdek pads give more positive results in lowering greenhouse temperatures. It has been determined that the reason for the decrease in the success rate of the local materials is that the dry air taken from the outdoor environment does not transmit enough air through the cooling pads into the greenhouse and consequently the cooling efficiency of the local materials is reduced.

Significance and Impact of the Study: In our country, which is one of the important greenhouse centers of the world, it is very important to reduce the high temperatures occurring during the summer months and to increase the low relative humidity values for an economical production. With cooling applications, yield losses will decrease in the face of increasing temperatures and farmer income level will increase and our competitiveness in greenhouse cultivation will increase in the world.

Atif / Citation: Boyacı S, Akyuz A (2019) Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :257-268

GİRİŞ

Yaz mevsiminde sera iç ortamında aşırı sıcaklık artışı önlemek için serinletme uygulanması gerekir. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha

düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinde, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem oranını artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemleri kullanılır. Serinletme uygulamaları için, iç ortam sıcaklığını azaltan ve oransal nem oranını artıran

su buharlaştırmalı sistemler, mekanik (soğutucu) sistemlerden daha uygundur (Öztürk, 2004). Serin iklim bölgelerinde yaz sıcaklıkları, sıcak iklim bölgelerindeki yaz sıcaklığına oranla daha düşük olur. Bu nedenle seraların fan ped sistemiyle 10-12°C kadar soğutulmuş, sera sıcaklığının dış hava sıcaklığının altına düşmesi sağlanarak yazın da seralarda üretime devam edilebilmektedir (Atılğan ve Öz, 2007). Ancak, bu sistemlerde ticari olarak kullanılan serinletme pedlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle özellikle kırsal kesimde bulunan tarımsal yapılar için uygun yerel malzemelerin performansını değerlendirme çalışmalarına ihtiyaç vardır (Elmsaad ve Omran, 2015). Bu amaçla yapılan çalışmalarda, Gunhan ve ark. (2007) Türkiye’de soğutma pedleri için bazı yerel malzemelerin uygunluklarını belirledikleri çalışmalarında, celdek ped materyaline alternatif olarak (pomza taşı, volkanik tüf ve gölgeleme tülü) kullanmışlardır. Dört farklı hava hızında (0.6, 1.0, 1.3 ve 1.6 m sn⁻¹), dört farklı (1.0, 1.25, 1.5 ve 1.75 l dak⁻¹) akış oranında ve üç farklı (50, 100 ve 150 mm) kalınlıkta test etmişlerdir. Çalışma sonucunda 0.6 m s⁻¹ deki havalandırma hızlarında volkanik tüf materyalin celdek pede iyi bir alternatif olacağını bildirmişlerdir. Ahmed ve ark. (2011) Sudan’da soğutma pedleri için üç farklı yerel malzemenin uygunluklarını araştırdıkları çalışmalarında üç farklı ped materyali (celdek ped, anız ve talaş) kullanmışlardır. Aynı zamanda bitki materyali olarak hıyar bitkisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, talaş ile serinletilen serada en yüksek verime ulaşırken, anız sapları ile serinletilen serada en düşük verimi almışlardır. Elmsaad ve Omran (2015) Sudan’da soğutma pedleri için bazı yerel malzemelerin uygunluklarını belirledikleri çalışmalarında, 3 farklı ped kalınlığı (50, 100, ve 150 mm) ve 5 farklı (0.7, 1.0, 1.5, ve 1.75 m s⁻¹) havalandırma hızı kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan materyaller ile serinletme etkinliği arasında önemli bir fark belirlemişlerdir. Buna göre kabak lifinde ortalama doygunluğu %73.67, anız artıkları ped te %71.87, celdek ped te %70.33 ve çuval bezinde %69 olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kabak lifi materyalinin diğer materyallere göre daha iyi sonuçlar verdiği ve ped materyali olarak kullanım potansiyeli bulunduğunu belirtmişlerdir. Helmy ve ark. (2013) Mısır’da alternatif ped materyali kullandıkları çalışmalarında, 3 farklı ped materyali (*Cyperus Alopecuroides* Rottb (Samar), *Cyperus Alternifolius* (Japon Şemsiyesi) ve *Cyperus Rotundus* L (Topalak) kullanmışlardır. Serinletme etkinliklerini 15 cm ped kalınlığı ve 0.45 m s⁻¹ lik hızlarda topalak, japon şemsiyesi ve samar da sırasıyla %88.4, 83.1 ve 79.6 olarak belirlemişlerdir. Ped materyali olarak topalak’ın yüksek etkinlik göstermesinden dolayı alternatif ped materyali

olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Kulkarni ve ark. (2015) Hindistan’da yeni serinletme materyallerini araştırdığı çalışmalarında, hindistan cevizi lifi ve kenevir bitkisine kil karıştırarak celdek pedler ile karşılaştırma yaptıkları çalışmalarında, hindistan cevizi life ve kil karışımının celdek pedlere göre performans, ilk yatırım, bakım ve onarımda daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Jain ve Hindoliya (2014) Hindistan’da laboratuvar koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında, 4 farklı ped materyalini (aspen, kenevir lifleri, hindistan cevizi lifleri, palash ağacı) teste tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda, plash ağacı liflerinin, aspen ve kenevir liflerine göre farklı hava hızlarında en yüksek doygunluğa ulaştığı belirtmişlerdir. Alodan ve Al-Faraj (2005) Suudi Arabistan’da yapmış oldukları çalışmalarında ticari selüloz ped ile karşılaştırıldığında selüloz olmayan pedlerin %73-%89 arasında serinletme etkinliği olduğunu belirtmişlerdir.

Buna göre çalışmada, seraların serinletilmesinde ticari pede (celdek), alternatif olarak kullanılacak yerel malzemelerin (rende talaşı ve saman) ve bunların gölgeleme tülü ile birlikte kullanımında uygulamaların serinletme etkinlikleri, soğutma kapasitesi ve su tüketim miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, 2019 yılı Haziran-Ağustos ayları arasındaki farklı günlerde taban alanı 3mx5m ve yüksekliği 2 m olan tünel serada yürütülmüştür. Örtü malzemesi olarak polietilen plastik ve iç ortam sıcaklık değerini düşürmek amacıyla ilk olarak doğal havalandırma (DH) ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü (DH+GT) uygulamaları yapılarak bu uygulamaların sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde bitki yetiştiriciliği için elverişsiz sera iç ortam sıcaklık değerleri oluşturduğu belirlenmiş ve evaporatif serinletme sistemlerinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Daha sonra serinletme materyali olarak 45x45x3 cm kalınlığında celdek ped, rende talaşı ve saman olmak üzere 3 farklı materyal kullanılmıştır. Ayrıca sistem etkinliğini arttırmak amacıyla sera üzerinde gölgeleme tülü ile kombinasyonları kullanılarak 6 farklı uygulama denemeye alınmıştır. Bu uygulamalar, ticari olarak yaygın şekilde kullanılan celdek ped (CP), celdek ped+gölgeleme tülü (CP+GT), yerel malzeme olarak saman (S), saman+gölgeleme tülü (S+GT) ve rende talaşı (RT), rende talaşı+gölgeleme tülü (RT+GT) dır. Sistem performansını belirlemek amacıyla gün içerisinde 09:00-17:00 saatleri arasında sera içerisinde ve dışında her 30 dakikalık aralıklar ile sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) ölçümleri hobo marka sıcaklık ve nem ölçer ile, radyasyon ölçümleri (W m⁻²) apogee pyranometre

sensörü ile rüzgar hızı ($m s^{-1}$) ise benetech marka anomometre ile yapılmıştır. Ölçümler sera dışında 1 adet, sera içerisinde ise ped önünde, seranın ortasında ve kapı önünde 1 er adet olmak üzere toplam 4 ölçüm noktasından alınmıştır. Serinletme materyallerinden rende talaşı ve samanda meydana gelecek dökülmeleri önlemek ve küçük parçacıkların düşmesini engellemek amacıyla malzemeler file içerisinde sulu klima içerisine yerleştirilmiştir. Klima 3 yanı kuru havanın malzeme ile temasını sağlayacak şekilde açık ve bir yüzünde hava çıkışı olacak şekilde dizayn edilmiştir. Sistemin altında bir su deposu mevcut olup su bir pompa yardımıyla pedlere verilmiştir. Pedlerden süzülen su tekrar depoya gelecek şekilde sisteme devir daim yaptırılmıştır. Sistemde, eksilen su miktarı sistemin çalıştırıldığı saat 09:00-17:00 arasında kayıt altına alınarak günlük tüketilen toplam su miktarı belirlenmiştir. Bu malzemelerin serinletme materyali olarak değerlendirilmesinde aşağıda belirtilen yöntem ve eşitlikler kullanılmıştır. Sistemin serinletme etkinliği Eşitlik 1 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$\eta = \frac{[t_d - t_i]}{[t_d - t_{wb}]} \times 100 \quad \text{Eş. (1)}$$

Eşitlikte; η = Serinletme etkinliği (%), t_d = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_i = İç hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_{wb} = Dış havanın yaş termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$),dır. Evaporatif serinletme pedinin soğutma kapasitesi Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$Q_c = M_a \times C_{pa} \times [t_d - t_i] \times 3.6 \quad \text{Eş. (2)}$$

Eşitlikte; Q_c = Soğutma kapasitesi ($kJ sa^{-1}$), t_d = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_i = İç hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), M_a =Havanın kütleli akış hızı ($kg s^{-1}$), C_{pa} = Havanın özgül ısı ($J kg^{-1}^{\circ}C^{-1}$)

Havanın özgül nemi ve havanın kütleli akış hızının bir fonksiyonu olan su tüketim oranı Eşitlik 3 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$Q_{\omega} = M_a [\omega_o - \omega_i] \times 3600 \quad \text{Eş. (3)}$$

Eşitlikte; Q_{ω} = Su tüketim oranı ($kg sa^{-1}$), M_a = Havanın kütleli akış hızı ($kg s^{-1}$), ω_i = Dış ortam havasının pedden girmeden önceki özgül nemi ($kg kg^{-1}$), ω_o = Dış ortam havasının pedden çıktıktan sonraki özgül nemi ($kg kg^{-1}$)

BULGULAR ve TARTIŞMA

Doğal havalandırma ve gölgeleme tülü uygulamaları

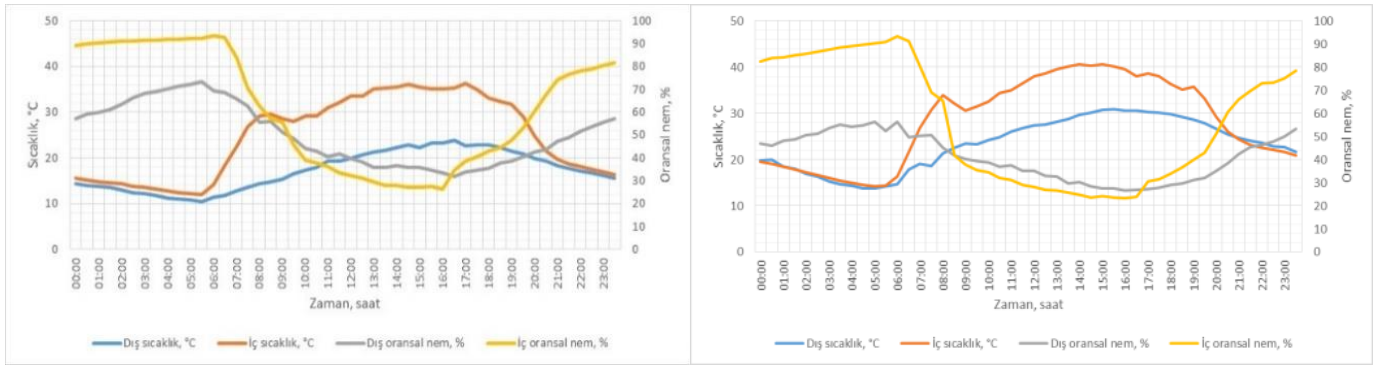
Çalışmada, Doğal havalandırma (DH) ve Doğal havalandırma+Gölgeleme tülü (DH+GT) uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 1’de, sıcaklık ve oransal nem ilişkisi Şekil 1’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında DH uygulaması yapılan bir günde Δt (iç-dış) sıcaklık farkının -12,63 $^{\circ}C$ olduğu, DH+GT uygulaması yapılan bir günde ise Δt (iç-dış) sıcaklık farkının -9,48 $^{\circ}C$ olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise DH uygulaması yapılan bir günde Δrh (iç-dış) sıcaklık farkının %-4,88 olduğu, DH+GT uygulaması yapılan bir günde ise Δrh (iç-dış) sıcaklık farkının -4,24 $^{\circ}C$ olduğu görülmüştür. DH uygulaması yapılan bir günde sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %74,46 iken DH+GT uygulaması yapılan bir günde sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %42,52 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Doğal havalandırma uygulaması yapılan saatlerdeki iklim değerleri

UYGULAMALAR		Dış			İç		
		Sıcaklık, $^{\circ}C$	Oransal nem, %	Radyasyon, $W m^{-2}$	Sıcaklık, $^{\circ}C$	Oransal nem, %	Radyasyon, $W m^{-2}$
DH	Min.	15.39	31.78	525.95	27.93	26.57	336.89
	Ort.	20.58	38.92	843.30	33.21	34.04	627.88
	Mak.	23.91	51.32	1013.10	36.26	55.60	848.31
DH + GT	Min.	23.33	26.58	521.10	30.65	23.37	235.10
	Ort.	27.85	32.50	834.18	37.33	28.26	354.72
	Mak.	30.93	40.31	1001.00	40.66	37.72	484.74

Serada yetiştiriciliği yapılan bitkiler 17-27 $^{\circ}C$ sıcaklık değerlerine adapte olmuşlardır. Bunun yanında iç ortam oransal nem değerinin %80 civarında olması istenir (Zabeltitz, 1994). Ancak yapılan her iki uygulamadan da görüleceği üzere iç ortam sıcaklık ve oransal nem değerlerinin bitki yetiştiriciliği için gerekli olan optimum sıcaklık ve nem değerlerinden uzak olduğu

görülmektedir. Bu günlerde yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem değerlerinde bitkilerin çiçek bağlaması verim ve gelişim parametrelerinde sorunlar yaşanacağı açıktır. Bu günlerde iç ortam sıcaklık değerini düşüren ve iç ortam oransal nem değerlerini artıran su buharlaştırma sistemleri tercih edilmelidir.



Şekil 1. DH ve DH+GT uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem ilişkisi

Evaporatif Serinletme Uygulamaları

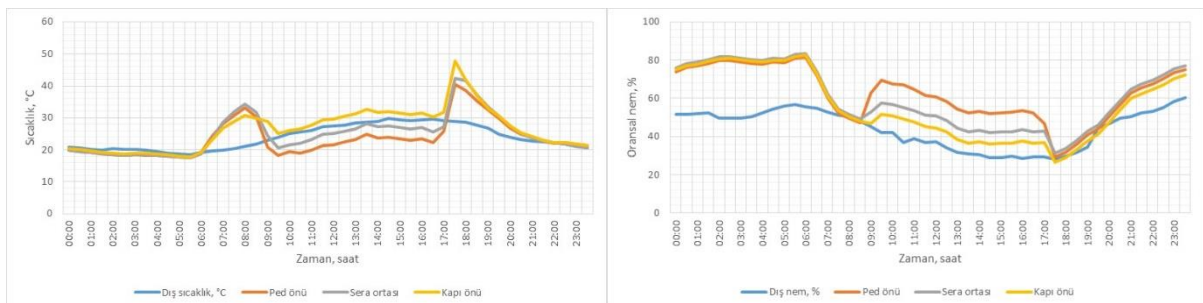
Çalışmada, doğal havalandırma ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü uygulamalarında iç ortam sıcaklık değerlerinin düşürmede yetersiz kalması nedeniyle evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılma gereği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, 3 adet serinletme materyali ve bu materyallerin gölgeleme tülü ile birlikte uygulanması olmak üzere 6 farklı uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalardan elde edilen ölçüm sonuçları ortaya konularak sistemlerin serinletme etkinliği, soğutma kapasitesi ve günlük su tüketim miktarları belirlenmiştir.

Celdek ped uygulaması

Celdek ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 2'de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 2'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında celdek ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.56 °C iken ped önünde sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δt (iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -5.43°C, -2.23°C ve 2.27°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %34.27 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh (iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %23.57, %13.57 ve %7.57 olduğu, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı ise %73.47 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.56	22.13	25.33	29.83
ΔT , °C		-5.43	-2.23	2.27
Oransal nem, %	34.27	57.84	47.84	41.84
ΔRH , %		23.57	13.57	7.57
Radyasyon, W m ⁻²	826.47		607.21	
ΔR , W m ⁻²		219.27		



Şekil 2. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 2.22-7.46°C

arasında ortalama 5.43°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %22.77-56.72 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %41.90 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	23.04	27.56	29.74
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	13.29	14.50	14.98
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	18.19	22.13	25.81
İç sıcaklık, °C	T _i	18.19	25.77	32.77
Soğutma etkisi, °C	Δt	2.22	5.43	7.46
Soğutma etkinliği, %	η%	22.77	41.90	56.72

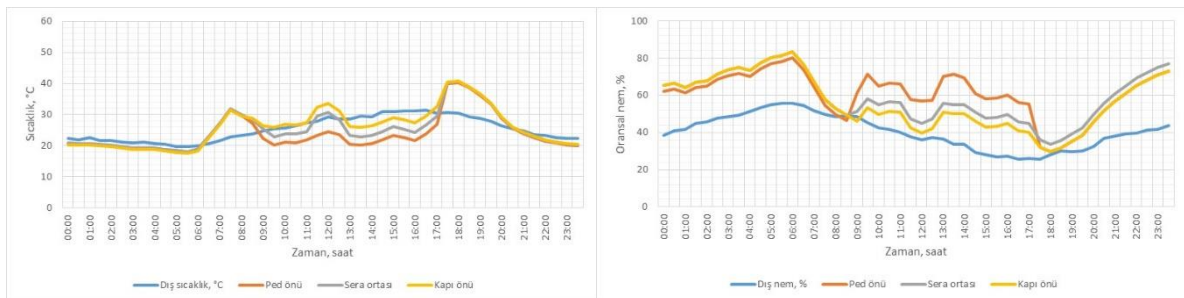
Celdek ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=9221.45 \text{ kJ h}^{-1}$ (2.56 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=27.82 \text{ l gün}^{-1}$ (2.87 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %4 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri

Çizelge 4. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	28.76	22.31	25.56	28.44
ΔT, °C		-6.45	-3.20	-0.32
Oransal nem, %	35.04	62.47	51.15	46.15
ΔRH, %		27.43	16.12	11.12
Radyasyon, W m ⁻²	780.00		314.36	
ΔR, W m ⁻²			465.64	



Şekil 3. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Celdek ped ve gölgeleme uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 2.22°C-9.61°C arasında ortalama 6.45°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %22.94-%67.45 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %47.69 olduğu belirlenmiştir.

Celdek ped ve gölgeleme uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=10895.47 \text{ kJ sa}^{-1}$ (3.03 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=26.45 \text{ l gün}^{-1}$ (2.94 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %5 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	24.63	28.76	31.51
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	14.71	15.41	16.02
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	20.20	22.31	26.82
İç sıcaklık, °C	T _i	20.20	25.44	33.66
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	2.22	6.45	9.61
Soğutma etkinliği, %	η%	22.94	47.69	67.45

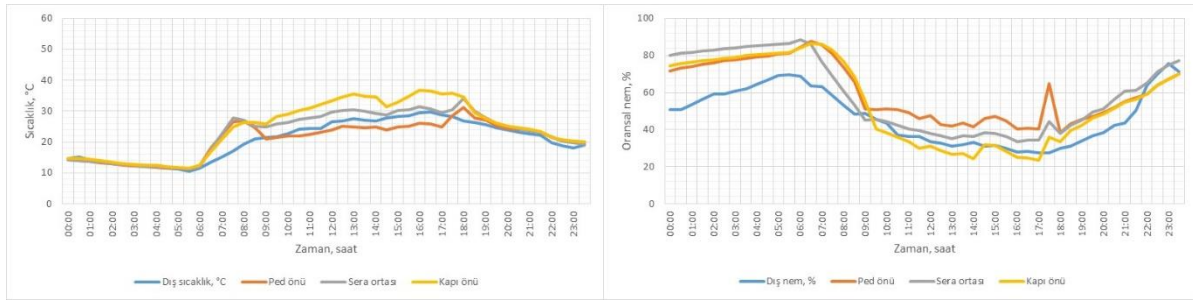
Saman ped uygulaması

Saman ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 6'da sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 4'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında saman ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 26.26°C iken ped önünde sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δ_t(iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -2.33°C,

2.62°C, 6.51°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %34.57 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh_(iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %11.10, %4.06 ve %-2.92 olduğu, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranının ise %70.92 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	26.26	23.93	28.88	32.77
ΔT, °C		-2.33	2.62	6.51
Oransal nem, %	34.57	45.67	38.63	31.61
ΔRH, %		11.10	4.06	-2.96
Radyasyon, W m ⁻²	797.25		565.43	
ΔR, W m ⁻²			231.81	



Şekil 4. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.26°C - 4.09°C arasında ortalama 2.33°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %2.82-%29.96 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %17.53 olduğu belirlenmiştir

Saman ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=3968.30 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.10 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=24.28 \text{ l gün}^{-1}$ (2.70 l sa⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %4 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir

Çizelge 7. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	21.39	26.26	29.64
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	12.44	13.68	14.82
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	21.10	23.93	26.13
İç sıcaklık, °C	T _i	21.10	28.52	36.67
Soğutma etkisi, °C	Δt	0.26	2.33	4.09
Soğutma etkinliği, %	η%	2.82	17.53	29.96

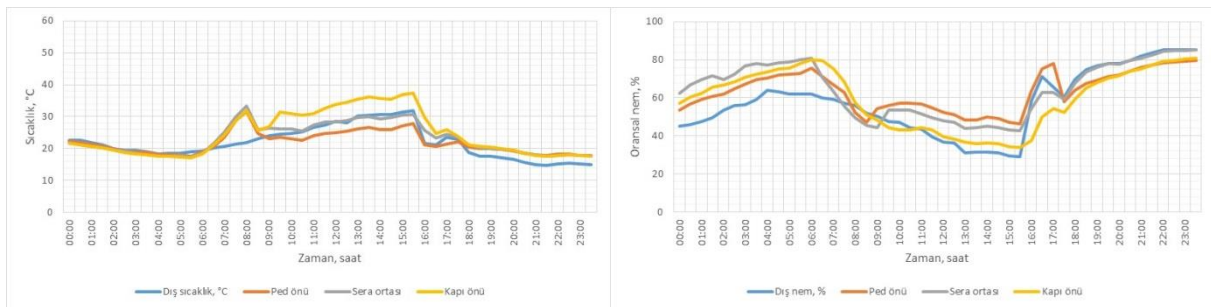
Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 8’de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 5’te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.09°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δt_{(iç-}

dış) sıcaklık farkının sırasıyla -2.71°C, 0.60°C, 5.23°C olduğu görülmüştür. Dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %42.62 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh_(iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %13.03, %7.13 ve %-1.42 olduğu sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %40.70 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 8. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.09	24.38	27.69	32.32
ΔT, °C		-2.71	0.60	5.23
Oransal nem, %	42.62	55.66	49.75	41.20
ΔRH, %		13.03	7.13	-1.42
Radyasyon, W m ⁻²	705.87		287.28	
ΔR, W m ⁻²		418.59		



Şekil 5. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.46°C -4.79°C arasında ortalama 2.71°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %7.10-%32.77 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %22.00 olduğu belirlenmiştir.

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=4587.09 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.27 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=25.40 \text{ l gün}^{-1}$ (2.82 l sa⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %2 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 9. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	21.06	27.09	31.94
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	14.34	15.53	16.83
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	20.60	24.38	27.74
İç sıcaklık, °C	T _i	20.60	28.13	37.29
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	0.46	2.71	4.79
Soğutma etkinliği, %	η%	7.10	22.00	32.77

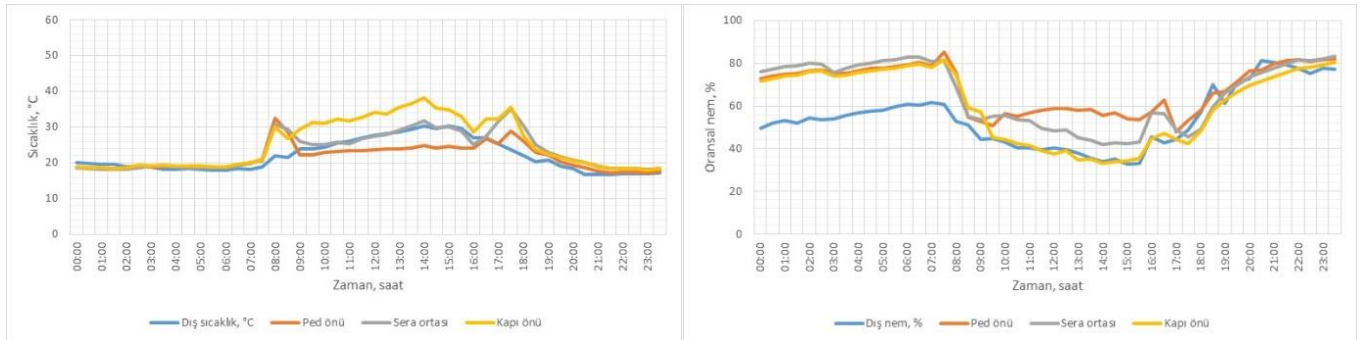
Rende Talaşı ped uygulaması

Talaş ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 10'da sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 6'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında talaş ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.26°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δ_{t(iç-dış)} sıcaklık farkının sırasıyla -3.34°C,

0.55°C, 5.82°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %39.64 iken ped önünde orta ve kapı önünde, sera ortasında ortalama oransal nem değerleri sırasıyla Δrh_(iç-dış) %56.01, %49.39 ve %40.54 olarak, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %72.84 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 10. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.26	23.92	27.81	33.09
ΔT, °C		-3.34	0.55	5.82
Oransal nem, %	39.64	56.01	49.39	40.54
ΔRH, %		16.37	9.75	0.90
Radyasyon, W m ⁻²	687.61		500.85	
ΔR, W m ⁻²		186.76		



Şekil 6. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.09°C –

5.64°C arasında ortalama 3.34°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %0.88-%41.08 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %26.63 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 11. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	23.83	27.26	30.34
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	13.74	15.27	16.27
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	22.15	23.92	26.78
İç sıcaklık, °C	T _i	22.15	28.27	38.09
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	0.09	3.34	5,64
Soğutma etkinliği, %	η%	0.88	26.63	41.08

Talaş ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=5656.21 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.57 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=26.71 \text{ l gün}^{-1}$ (2.97 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %2 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

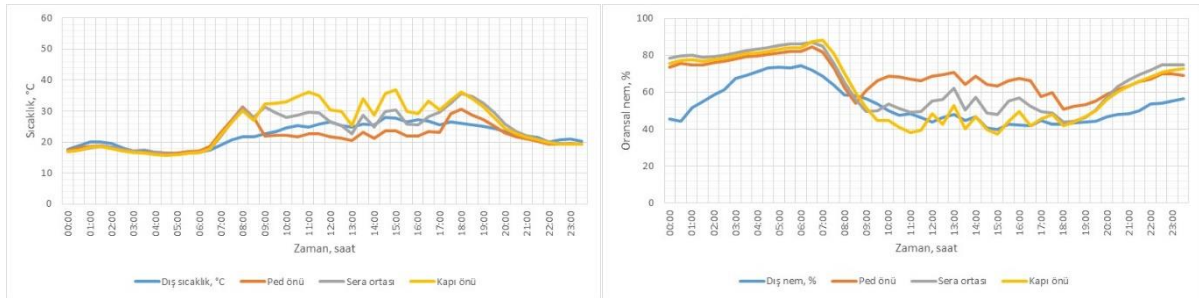
Rende Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 12'de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin

değişimi ise Şekil 7'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 25.68°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen $\Delta t_{(iç-dış)}$ sıcaklık farkının sırasıyla -3.37°C , 2.21°C , 6.52°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %46.16 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen $\Delta rh_{(iç-dış)}$ oransal nem farkının sırasıyla %20.06, %6.52, %-2.06 olduğu sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %38.70 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 12. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	25.68	22.31	27.88	32.19
ΔT , °C		-3.37	2.21	6.52
Oransal nem, %	46.16	66.22	52.67	44.10
ΔRH , %		20.06	6.52	-2.06
Radyasyon, W m^{-2}	440.26		170.37	
ΔR , W m^{-2}			269.89	



Şekil 7. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 13'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin

soğutma etkisi 0.60°C - 5.10°C arasında ortalama 3.37°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %7.67-%44.44 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %31.72 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 13. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T_o	22.56	25.68	27.88
Islak termometre sıcaklığı, °C	T_{wb}	14.74	15.30	15.93
Ped önü sıcaklık, °C	T_1	20.58	22.31	23.67
İç sıcaklık, °C	T_i	20.58	27.46	36.87
Soğutma etkisi, °C	Δt	0.60	3.37	5.10
Soğutma etkinliği, %	$\eta\%$	7.67	31.72	44.44

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=5736.03 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.59 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=27.82 \text{ l gün}^{-1}$ (3.09 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri

arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %3 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Erbil ve Atılgan (2014) tarafından yapılan çalışmada, serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinden, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem değerini artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemi kullanılmıştır. Evaporatif (nemlendirmeli) serinletme sistemlerinde prensip hissedilir ısının gizli ısıya dönüşmesi ilkesine dayanır. Burada dış ortamdan alınan kuru hava ped içerisinden geçerek kuru hava nemlendirilerek iç ortamda sıcaklık düşüşü ve artan oransal nem miktarı ile iç ortamda ki buhar basıncı açığını azaltır. Bu amaçla, seraların serinletilmesinde kullanılan ticari pedlere alternatif olabilecek su tutma kapasitesi yüksek gözenekli yörede kolay bulunabilen ucuz malzemeler üzerinde birçok araştırmacı, Gunhan ve ark. (2007) pomza taşı, volkanik tüf ve gölgeleme perdesi, Ahmed ve ark. (2011) celdek ped, anız and talaş, Helmy ve ark. (2013) Samar, Japon Şemsiyesi, Topalak, Elmsaad ve Omran (2015) kabak lifi, anız artıkları, celdek ped, çuval bezi, Kulkarni ve ark. (2015) hindistan cevizi lifi ve kenevir bitkisi, Jain ve Hindoliya (2014) aspen, kenevir lifleri, hindistan cevizi lifleri, butea monosperma (palash ağacı) lifleri) çalışmıştır. Bu malzemeler arasında celdek pedlere alternatif malzemeler ortaya konulmuştur. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar ile karşılaştırıldığında, yapılan çalışmada, ticari olarak kullanılan celdek pedler serinletme etkinliği açısından en iyi ped malzemesi olmuştur. Ahmed ve ark. (2011) anız sapları ile serinletilen serada en düşük serinletme oranı olduğunu belirlemişlerdir. Vala ve ark. (2016) ise celdek pedlerde ortalama iç sıcaklık azalmasını 8°C bulurken, talaş pedlerde ortalama 3.5°C olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da saman ped uygulamasında en düşük serinletme etkinliği elde edilmiştir.

Dzivama ve ark. (1999) bir ped malzemesi serbest hava akışına izin verecek kadar gözenekli, suyu emebilen ve buharlaşmaya izin vermedir. Ayrıca, doyumluğa ulaşmak için yeterli miktarda hava suyuyla temas süresi boyunca azami miktarda ıslanmış yüzey alanına sahip olmalıdır. Malzeme yerel olarak mevcut ve ucuz olmalıdır. Dahası, istenen şekil ve ebatla kolay şekillendirilmesine izin vermesi gerektiğini bildirmiştir. Evaporatif ped sistemlerinin verimliliği, yüzey alanı ve pedin kalınlığı, pedde kullanılan malzemenin tipi, deliklerin büyüklüğü, akış hızı ve pedin içinden geçen havanın oransal nemi ve kullanılan suyun hacmi gibi birçok faktörden etkilenir (Warke ve Deshmukh., 2017). Her ne kadar ticari pedler iyi doyumluk verimi vermiş olsalar da, özel olarak yapıldıkları halde, pahalıdır ve düşük gelirli çiftçiler ve yetiştiriciler için uygun değildirler. Yerel olarak ve kolayca temin edilebilen

pedler %90'nın üzerindeki oransal nem ve 25°C maksimum sıcaklık düşüşü ile daha iyi performans göstermiştir. Bununla birlikte, performans dış havaya bağlıdır, ancak doyumluk verimliliği ped içerisinde iyi gözeneklilik ve hava-su teması oluşturarak daha da artırılabilir (Vala ve ark., 2016). Bunun yanında, Franco ve ark. (2014) ped tarafından buharlaştırılan su miktarı, dış havanın sıcaklığı ve oransal nemi, ped boyunca havanın akış hızı ve pedlerin geometrisi ile ilgili olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, talaş ve saman gibi malzemelerde ise malzemenin su tutma kabiliyeti yüksek olması, kolay temin edilebilmesi, ucuz olması gibi avantajlarının aksine malzemenin birbiri üzerine yığılması ve hava akışına karşı direnç göstermesi malzemenin en büyük dezavantajları arasındadır. Bu nedenle serinletme etkinliklerinde yüksek başarı elde edilememiştir. Bunun nedeni ped kalınlığının az olması (3 cm) dış ortamdan alınan kuru havanın ped malzemesi ile yeterince temasını sağlayamadığı bu nedenle iç ortam oransal nem değerlerinin diğer çalışmalara göre düşük kaldığı belirlenmiştir. Bu durum sera ortasında ve kapı önünde sıcaklık artışının daha fazla yükselmesine neden olmuştur. Vala ve ark. (2016) doyma verimliliğinin dış hava sıcaklığına, oransal neme ve hava hızı için hava-su temasına bağlı olduğunu, ticari pedin, daha fazla hava-su teması oluşturarak daha iyi doyma verimliliği oluşturduğunu bildirmiştir. Ayrıca çalışmada, doyma verimliliği, dış nemdeki düşüşle birlikte artmış ve bu da suyun ped içinden daha fazla buharlaşmasına neden olmuştur. Bununda nem ve doyumluk verimliliği arasında ters bir ilişki olduğu ortaya koymuştur. Çalışmada, malzeme kalınlığının artırılarak kullanılmasının kuru havanın suyla temasını arttıracak ve iç ortam oransal nem değerlerini arttıracaktır. Aynı zamanda hava su teması artırılarak serinletme etkinliğinde artacaktır. Malzemelerin gölgeleme tülü ile birlikte kullanıldığı uygulamalara bakıldığında, Kittas ve ark. (2003) üstten yapılan gölgeleme tülünün fan ped serinletme sisteminde iç sıcaklıkları düşürmeye yardımcı olduğunu bildirmiştir. Xu ve ark. (2015) evaporatif serinletme ve dıştan gölgeleme uygulama yaptıkları çalışmalarında ped ve dıştan gölgelemenin birlikte yapılması durumunda gölgelemenin sera içerisine ulaşan solar radyasyonu engellemesi nedeniyle iç ortam sıcaklığını dış ortam sıcaklığından 2-3°C düşürdüğünü, oransal nemin ise %80 ler de tuttuğu bildirmiştir. Yapılan çalışmada da, gölgeleme tülünün iç ortama ulaşan solar radyasyon oranını azalttığı bu nedenle iç sıcaklıkları azaltmada ve oransal nem oranını yükseltmede daha olumlu sonuçlar verdiği bu nedenle serinletme pedleri ile birlikte kullanımının daha uygun olacağı belirlenmiştir. Çalışmada soğutma kapasitelerine bakıldığında

malzemelerin özelliğine bağlı olarak farklı değerler almıştır.

Ticari olarak kullanılan pedlerin yüksek maliyetli oluşu ve düşük gelirli çiftçilerin bu pedleri kullanmasını sınırlandıran en büyük etmenlerden biridir. İyi bir ped malzemesinde aranan özellikler arasında, hava hareketine karşı az direnç göstermesi, geniş bir yüzey alanı oluşturarak iyi bir nemlendirme sağlaması, nemi üzerinde uzun süre tutabilme özelliklerine sahip olması gibi özellikleri aranır. Buna göre yapılan çalışmada ticari olarak bu özelliği taşıyan ticari pede (celdek ped) alternatif olabilecek veya yerini alabilecek yerel olarak bulunması kolay ve ucuz ped malzemelerin denendiği çalışma sonucunda;

Ticari olarak kullanılan celdek pedler serinletme etkinliği açısından en iyi ped malzemesi olmuştur. Celdek pedlerin fabrikasyon ürünü olması, pedlerde bulunan boşlukların ve malzeme kalınlığının eşit olması, üzerinde bulunan ve eşit dağılan boşluklar hava hareketine karşı daha az direnç göstermesi celdek pedlerin çalışmadaki en önemli özelliği olmuştur. Bunu rende talaşı ped ve saman ped uygulamaları izlemiştir. Talaş ve saman pedler pedlerde aranan nem tutma kapasitesi olarak herhangi bir sorun olmamasına karşı malzemenin üst üste yığılması nedeniyle ped içerisinden geçen hava hareketine karşı pedlerin direnç göstermesi malzemelerin çalışmadaki en büyük dezavantajı olmuştur. Malzemelerin farklı kalınlık, akış ve havalandırma hızlarında araştırılmasına ve maksimum fayda sağlanması çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Dünyanın önemli seracılık merkezlerinden olan ülkemizde büyük ticari işletmelerden ziyade küçük ve orta ölçekli sera işletmeleri yoğunluktadır. Bu işletmelerde tarımsal atıkların değerlendirilmesi amacıyla bu tür uygulamaların denenerek iç ortam sıcaklık değerinin azaltılması ve oransal nem değerinin artırılması alternatif ve daha ucuz soğutma pedlerinin kullanılması ile mümkün olduğu belirlenmiştir. Serinletme uygulamaları ile birlikte artan sıcaklıklar karşısında yaşanan verim kayıpları azalacak ve çiftçi gelir seviyesi artmakla birlikte dünyada seracılıkta rekabet gücümüzde artacaktır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, seraların serinletilmesinde ticari pedlere (celdek ped) alternatif olarak kullanılabilir yerel malzemeler (rende talaşı ve saman) ve bunların gölgeleme tülü ile birlikte kullanımında uygulamaların serinletme etkinlikleri, soğutma kapasitesi ve su tüketim miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Çalışmada, doğal havalandırma ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü uygulamaları yapılarak bu uygulamaların iç ortam sıcaklık değerlerini azaltmada yetersiz kaldığı belirlenmiş ve evaporatif serinletme sistemlerinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Daha sonra serinletme materyali olarak celdek ped, rende talaşı, saman ve sistem etkinliğini arttırmak amacıyla malzemelerin gölgeleme tülü ile kombinasyonları kullanılmıştır. Elde sonuçlara göre, celdek ped'te en yüksek serinletme etkinliği %56.722 iken gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %67.45'e çıkmıştır. Saman uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %29.96 iken saman+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %32.77'ye ulaşmıştır. Rende talaşı uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %41.08 iken rende talaşı+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %44.44'e ulaşmıştır.

Genel Yorum: Çalışma sonucunda, ticari olarak üretilen celdek pedlerin sera içi sıcaklıkları düşürmede daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Yerel malzemelerde başarı oranının düşmesindeki neden dış ortamdaki alınan kuru havanın serinletme pedlerinin içerisinden sera içerisine doğru yeterli miktarda hava iletememesinden kaynaklandığı ve bunun sonucu olarak yerel malzemelerin serinletme etkinliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Dünyanın önemli seracılık merkezlerinden olan ülkemizde yaz aylarında ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların azaltılması ve düşük oransal nem değerlerinin artırılması ekonomik bir üretim için son derece önemlidir. Serinletme uygulamaları ile birlikte artan sıcaklıklar karşısında yaşanan verim kayıpları azalacak ve çiftçi gelir seviyesi artmakla birlikte dünyada seracılıkta rekabet gücümüzde artacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sera, serinletme sistemi, yerel malzeme, serinletme, serinletme etkisi.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri koordinasyon birimi tarafından ZRT.A4.18.012 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ahmed EM, Abaas O, Ahmed M, Ismail MR (2011) Performance evaluation of three different types of local evaporative cooling pads in greenhouses in Sudan. *Saudi Journal of Biological Sciences* 18: 45–51.
- Alodan MA, Al-Faraj AA (2005) Design and evaluation of galvanized metal sheets as evaporative cooling pads. *J. King Saud Univ*, 18: *Agric Sci* 1: 9-18.
- Atılğan A, Oz H (2007) Serin iklimde sahip bölgelerdeki seraların fan ped sistemiyle serinletilmesi. *Derim Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 24(1): 11-18.
- Dzivama AU, Bindir UB, Aboaba FO (1999) Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for storage of fruits and vegetables in arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 30(3): 51-55.
- Elmsaad E, Omran A (2015) Evaluating the effect of new local materials of evaporative cooling pads. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 15(1): 78-84.
- Erbil FG, Atılğan A (2014) Sıcak bölgelerdeki seralarda fan-ped sisteminin etkinliğinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 34-41.
- Franco A, Valera DL, Peña A (2014) Energy efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: cooling boxes versus cellulose pads. *Energies* 7: 1427-1447.
- Gunhan T, Demir V, Yagcioglu AK (2007) Evaluation of the suitability of some local materials as cooling pads. *Biosystems Engineering* 96(3): 369–377.
- Helmy MA, Eltawil MA, Abo-shieshaa RR, El-Zan NM (2013) Enhancing the evaporative cooling performance of fan-pad system using alternative pad materials and water film over the greenhouse roof. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(2):173-187.
- Jain JK, Hindoliya DA (2014) Correlations for saturation efficiency of evaporative cooling pads. *J. Inst. Eng. India Ser. C* 95(1): 5–10.
- Kittas C, Bartzanas T, Jaffrin A (2003) Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering* 85(1): 87–94.
- Kulkarni MM, Vijaykumar KN, Jadhav NA, Bhor MJ, Shinde SS (2015) Experimental performance evaluation of new cooling pad material for direct evaporating cooling for pune summer conditions. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 22(6): 281-287.
- Maurya R, Shrivastava N, Shrivastava V (2014). Performance evaluation of alternative evaporative cooling media. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 5(10): 676-684.
- Öztürk HH (2004) Venlo tip cam serada fan-ped serinletme sisteminin etkinliği ile duyulur ve gizli ısı transferi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 10(4): 381-388.
- Vala KV, Kumpavat MT, Nema A (2016) Comparative performance evaluation of evaporative cooling local pad materials with commercial pads. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 39(4): 198-203.
- Von Zabeltitz C (1994). Effective use of renewable energies for greenhouse heating. *Renewable Energy*, 5(1-4): 479-485.
- Warke DA, Deshmukh SJ (2017) Experimental analysis of cellulose cooling pads used in evaporative coolers. *International Journal of Energy Science and Engineering* 3(4): 37-43.
- Xu J, Li Y, Wang RZ, Liu W, Zhou P (2015) Experimental performance of evaporative cooling pad systems in greenhouses in humid subtropical climates. *Applied Energy* 138: 291-301.



Assessment of irrigation schemes with quality index in Mediterranean region

Akdeniz bölgesinde bulunan sulama şebekelerinin kalite indeksi ile değerlendirilmesi

Hasan DEĞİRMENÇİ¹, Sinan KARTAL²

¹Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Turkey.

²Alanya Alaaddin Keykubat University, Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükbal Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Antalya, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

ÖZET / ABSTRACT

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Irrigation, irrigation schemes, performance indicators, principle component analysis, quality index.

Corresponding author: Hasan DEĞİRMENÇİ

✉: degirmenci@ksu.edu.tr

Aims: In this study, performances of irrigation networks assessment made through quality index method in Mediterranean Region.

Methods and Results: The present study was conducted on 17 irrigation schemes from 6. Region (Mediterranean region) of State Hydraulic Works (DSI) by using performance indicator for 11 years of monitoring and evaluation reports from 2006 to 2016. A total of 16 performance indicators were examined in three groups (water distribution, financial and agricultural activity productive efficiency indicators). In order to evaluate irrigation schemes, the performance indicators were analyzed by principle component as well as the quality index of multivariate statistical methods. The irrigation schemes of each irrigation region were evaluated among themselves over the years. As a result, the most effective indicators were determined using the principle component analysis by reducing a large number of performance indicators. The quality index ensured the ranking of success among the irrigation schemes in Mediterranean region. The performance indicator group, which is effective in each scheme has changed scheme to scheme. According to mean values of performance indicators for 11 years, irrigation ratio was found 86.25% in Ceyhan, relative water supply was found 4.71 in Düziçi Sabunsuyu, output per unit irrigated area was found 23866 \$ ha⁻¹ in Anamur, maintenance, operation and management cost per unit command area was found 502 \$ ha⁻¹ in Samandağ irrigation scheme.

Conclusions: According to quality index analysis, Bozyazı, Silifke and Anamur irrigation schemes have the highest performance while Karaisalı, Mut and Düziçi Sabunsuyu irrigation schemes have the lowest performance during study period.

Significance and Impact of the Study: As a result, it was determined that water delivery channels and irrigation methods should be developed in order to increase the overall performance.

Atf / Citation: Degirmenci H, Kartal S (2019) Assessment of irrigation schemes with quality index in Mediterranean Region. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :269-277

GİRİŞ

Sulama şebekelerinin izleme ve değerlendirmesi amacıyla birçok gösterge ve eşitlikler geliştirilmiştir (Molden ve ark., 1998; Malano ve Burton., 2001; Renault ve ark., 2007). Sulama şebekelerinin diğerleriyle ve yıllar

içinde kendi performansını karşılaştırmak amacıyla geliştirilen bu göstergeler “performans göstergeleri” olarak tanımlanmakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Arslan ve Değirmenci, 2018; 2017; Alcon ve ark., 2017; Corcoles ve ark., 2016).

Performans göstergeleri, sulama şebekelerini

geliştirmek amacıyla kullanılan güçlü bir araçtır. Şimdiye kadar performans göstergeleri ile yapılan analiz direk karşılaştırmaya dayanıyordu, bu nedenle Rodriguez-Diaz ve ark. (2008) sulama şebekelerinin genel gerçek performansını açıklamak için bir yöntem geliştirmişlerdir. Performans göstergelerini analiz eden bu yöntem onların doğrudan kullanımının dezavantajlarını ortadan kaldırmaktadır. Çok değişkenli veri analizine dayanan bu yöntem sulama şebekelerinin istatistiksel olarak homojen gruplara ayrılmasını sağlamaktadır. Geliştirilen bu yöntem ile sulama şebekelerinin tüm performans göstergelerini dikkate alarak kalite indeksi adını verdikleri bir puanlama sistemi ile başarı sıralamasının yapılabileceğini, performans göstergelerinin homojen gruplar içinde karşılaştırma yapılabileceğini belirmişlerdir.

Türkiye’de sulama şebekelerini değerlendirmek amacıyla birçok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Karşılaştırma göstergeleri ile sulama şebekeleri değerlendirilmiştir (Arslan ve Değirmenci, 2017;2018; Değirmenci ve ark., 2003; Şener ve ark., 2007; Eliçabuk ve Toprak, 2017; Tanriverdi ve ark., 2011; Akkuzu ve Mengü, 2012). Söz konusu bu çalışmalar bir bütünü yansıtmamakta, sulama şebekelerinin karşılaştırılmasında doğru sonuçlar alınmasını güçleştirmektedir. Kalite indeksi ile sulama şebekelerinin başarı sıralaması konusunda dünyada bir çok araştırmacı tarafından çalışmalar yürütülmüştür (Rodriguez-Diaz ve ark., 2008; Zema ve ark., 2015).

Bu çalışmanın amacı, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa

edilen ve sulama birliklerine devredilen 6. Bölgede yer alan 17 sulama şebekesinin, 11 yıllık verileri kullanılarak kalite indeksi yöntemi ile değerlendirmektir. Bu sulama şebekelerinin bölge bazında, performans göstergeleri hesaplanmış, temel bileşenler analizi ile göstergelerin etkileri araştırılmış ve tüm bu hesaplamalar dikkate alınarak kalite indeksine göre sulama şebekeleri sıralanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada DSİ tarafından inşa edilen ve işletme-bakım ve yönetim sorumluluğu faydalananlara devredilmiş 1000 ha ve üzerinde alana sahip olan 6. bölgeden 17 sulama şebekesi materyal olarak alınmıştır (DSİ, 2017).

Değerlendirmeye alınan sulama şebekelerinin, bölge no, sulama adı, sulama alanı, işletmeye açıldığı yıl, su sağlama şekli ve en fazla ekimi yapılan üç bitkinin ekim yüzdesi Çizelge 1’de, sulama şebekelerinin konumu ise Şekil 1’de verilmiştir.

Bu çalışmada sulama şebekelerini başarılarına göre sınıflandırmak amacıyla kalite indeksi değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Kalite indeksini hesaplamak için Malano ve Burton (2001); Molden ve ark. (1998)’nin geliştirdiği performans göstergeleri kullanılmıştır. Kullanılan performans göstergelerine ait hesaplama yöntemi ve ihtiyaç duyulan veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Kalite indeksini hesaplamak amacıyla temel bileşenler analizi yapılmış ve sulama şebekeleri kalite indeksine göre sıralanmıştır.

Çizelge 1. Sulama şebekelerinin genel özellikleri

Sulama Adı	Sulama Alanı (ha)	Sulama Şekli		İşletmeye Açıldığı Yıl		Bitki Çeşidi	
		Cazibe	Pompaj				
Seyhan	152566	x	x	1944	Mısır (%32)	Narenciye (%16)	Pamuk (%14)
Silifke	6985	x	x	1958	Narenciye (%16)	Çilek (%16)	Çeltik (%15)
Anamur	3027	x	-	1966	Muz (%44)	Çilek (%42)	Narenciye (%7)
Bozyazı	1370	x	-	1966	Muz (%69)	Sebze (%13)	Yerfıstığı (%7)
Haruniye	7967	x	x	1969	Mısır (%64)	Yerfıstığı (%28)	Meyve (%2)
Kozan	9321	x	x	1970	Narenciye (%61)	Mısır (%18)	Fidan (%15)
Kesiksuyu	10645	x	-	1971	Mısır (%80)	Yerfıstığı (%14)	Narenciye (%3)
Ceyhan	101426	x	x	1976	Mısır (%72)	Yerfıstığı (%13)	Pamuk (%8)
Hassa	3400	x	-	1976	Hububat (%36)	Bağ (%27)	Mısır (%13)

Çizelge 1. (devamı)

Kırıkhan	7288	x	-	1983	Pamuk (%53)	Hububat (%18)	Mısır (%3)
Samandağ	1575	-	x	1986	Narenciye (%83)	Sebze (%13)	Meyve (%2)
Yuvarlaklı	1140	x	-	1987	Mısır (%61)	Yerfistiği (%21)	Zeytinlik (15)
Yarseli	6800	x	x	1991	Pamuk (%49)	Sebze (%25)	Mısır (%9)
Düziçi Sabunsuyu	1760	x	-	1993	Mısır (%52)	Yerfistiği (%28)	Sebze (%8)
Mut	3781	-	x	1994	Meyve (%98)	Sebze (%2)	-
Karaisalı	2186	x	-	1996	Mısır (%40)	Bostan (%23)	Ayçiçeği (%9)
Savrun	6815	x	x	1999	Mısır (%79)	Yerfistiği (%12)	Sebze (%4)



Şekil 1. Sulama şebekelerinin lokasyon haritası

Çizelge 2. Performans göstergelerinin hesaplanması

Göstergeler		Tanım	Gösterge kodu	Etki faktörü*
Sulama oranı (%)		$\frac{\text{Sulanan alan} * 100}{\text{Sulama alanı}}$	A	+1
Su dağıtım	Birim sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	$\frac{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}{\text{Sulanan alan}}$	B	-1
	Birim sulama alanına dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	$\frac{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}{\text{Sulama alanı}}$	C	-1
	Su temin oranı	$\frac{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}{\text{Toplam sulama suyu ihtiyacı}}$	D	-1

Çizelge 2. (devamı)

	Birim sulanan alana harcanan işletme-bakım masrafları (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Toplam işletme ve bakım masrafları}}{\text{Sulanan alanı}}$	E	-1
	Birim sulama alanına harcanan işletme-bakım masrafları (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Toplam işletme ve bakım masrafları}}{\text{Sulama alanı}}$	F	-1
	Birim sulama suyu miktarına karşılık harcanan işletme-bakım masrafları (\$ m ⁻³)	$\frac{\text{Toplam işletme ve bakım masrafları}}{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}$	G	-1
Finansal	İşletme-bakım toplam gider oranı	$\frac{\text{Toplam işletme ve bakım masrafları}}{\text{Toplam gider}}$	H	+1
	Birim sulanan alana harcanan toplam gider (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Toplam gider}}{\text{Sulanan alan}}$	I	-1
	Birim sulama alanına harcanan toplam gider (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Toplam gider}}{\text{Sulama alanı}}$	J	-1
	Birim sulama suyuna karşılık toplam gider (\$ m ⁻³)	$\frac{\text{Toplam gider}}{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}$	K	-1
	Fayda masraf oranı	DSI İzleme ve değerlendirme raporlarından alınmıştır	L	+1
		Birim sulanan alan üretim değeri (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Üretim değeri}}{\text{Sulanan alan}}$	M
Tarımsal etkinlik	Birim sulama alanı üretim değeri (\$ ha ⁻¹)	$\frac{\text{Üretim değeri}}{\text{Sulama alanı}}$	N	+1
	Birim şebekeye alınan sulama suyu üretim değeri (\$ m ⁻³)	$\frac{\text{Üretim değeri}}{\text{Şebekeye alınan toplam su miktarı}}$	O	+1
	Birim sulama suyu ihtiyacına karşılık üretim değeri (\$ m ⁻³)	$\frac{\text{Üretim değeri}}{\text{Toplam sulama suyu ihtiyacı}}$	P	+1

*Etki faktörü: Sulama şebekesine pozitif veya negatif etkiyi ifade etmektedir

Temel bileşenler analizinin yapılması

Temel bileşenler analizi (TBA) veri indirgeme ve aralarında ilişki bulunan değişkenleri daha az bağımsız değişkene dönüştürmeye yarayan bir yöntemdir. Temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis, PCA) aralarında korelasyon bulunan çok sayıda performans göstergesinin yapısını açıklamak ve daha az sayıda performans göstergesiyle ifade etmek amacıyla yapılmıştır.

PCA'nın dört temel amacı vardır:

- 1- Veri/boyut indirgemesi yapmak.
- 2- Tahminleme yapmak

3- Veri setini bazı yöntemlerin analiz edebileceği forma sokmak (Kümeleme analizi, kalite indeksinin hesaplanması)

4- İlişkili gösterge setlerinden birimlerin temel bileşen skorlarını hesaplamak ve birimleri bu skorlara göre sıraya dizmek

Çok sayıda ilişkili göstergelyi, bu göstergelerin doğrusal bileşenleri olan ve aralarında korelasyon bulunmayan az sayıda yeni yapay göstergelerle ifade etmek mümkündür. Bu nedenle çok sayıda olan performans gösterge setini daha az sayıda performans göstergesi ile ifade etmek amacıyla temel bileşenler analizi yapılmıştır. Sulama şebekelerinin değerlendirilmesinde kullanılan gösterge verilerinin temel bileşenler analizi için

uygunluğunun değerlendirilmesinde Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Barlett testi uygulanmıştır. Ki-kare istatistiği olan Bartlett testi sonucu ne kadar yüksek ise anlamlı olma olasılığı o kadar yüksektir. Her DSI bölgesinde uygulanan TBA'nin uygunluğu bu test ile belirlenmiş, sonuçları ilgili bölümde verilmiştir. Test sonucunda P "önemlilik katsayısı" anlamlı olması performans göstergeleri ile yapılan temel bileşenler analizi için gerekli olan veri setinin yeterli olduğu anlamına gelmektedir (Alpar, 2017).

Kalite indeksinin hesaplanması

Kalite indeksi sulama şebekelerini performans göstergelerini dikkate alarak başarı sıralamasını yapmak amacıyla Rodriguez-Diaz ve ark. (2008) tarafından kullanılan bir dizi istatistiksel analizden oluşan bir yöntemdir. Bu analizin sonucunda her sulama şebekesi bir kalite indeks değeri almaktadır. Bu kalite indeks değerinin hesaplanmasında izlenen adımlar aşağıda verilmiştir;

- Her sulama şebekesine ait performans göstergesinin ortalama değeri hesaplanır.
- Her bölgede bulunan tüm sulama şebekelerinin araştırma yıllarda oluşan ortalama, minimum ve maksimum değerlerinin hesaplanır.
- Etki faktörünün belirlenmesi sulama şebekelerin +1 ve -1 değerlerini almaktadır. Etki faktörü +1 olan performans göstergeleri sulama şebekeleri için artması istenen performans göstergeleri iken etki faktörü -1 olan performans göstergeleri azalması istenen performans göstergeleridir (Çizelge 2).

Standardize edilmiş ve düzeltilmiş performans göstergesi değerlerin hesaplanması aşağıda verilen Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır.

$$SDD = \frac{\frac{(\sum_i^t PG_i)}{n} - \min(PG_i)}{\frac{(\sum_i^t PG_i)}{n} - \max(PG_i)}}{1} \quad \text{Eş. (1)}$$

SDD: Standardize edilmiş ve düzeltilmiş performans göstergesi değeri;

PG: Performans göstergesi; n: performans göstergesi sayısı;

t: yıl

Her performans göstergesinin TBA sonucunda elde edilen bileşen yüklerinin % etkilerinin hesaplanması. Her performans göstergesinin kalite indeksinin hesaplanmasında farklı etkisi oluşmaktadır. Örneğin Bileşen1'de yer alan performans göstergeleri sulama şebekesinin sıralamasına daha çok etki ederken Bileşen2

ve Bileşen3'te yer alan performans göstergeleri daha az etki etmektedir. Bileşenlerin % etkisi Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır.

$$YBY = \frac{BY \times \sum_i^n BY_i}{100} \quad \text{Eş. (2)}$$

YBY: Yüzde bileşen yükünün etkisi;

BY: bileşen yükü

Ağırlıklı göstergelerin hesaplanması Eşitlik 3'e göre hesaplanmaktadır.

$$AG = \sum_i^n (SDD_i \times YBY_i) \quad \text{Eş. (3)}$$

AG: Ağırlık gösterge; n: ağırlıklı gösterge ve yüzde bileşen yükü etkisi

Kalite indeksinin hesaplanması Eşitlik 4'e göre hesaplanmaktadır.

$$Kİ = \sum_i^n \beta_1 \times AG_i + \beta_2 \times AG_2 + \dots + \beta_n \times AG_n \quad \text{Eş. (4)}$$

Kİ: kalite indeksi; AG: ağırlıklı gösterge; β_1 : Bileşen1'in varyansı

BULGULAR ve TARTIŞMA

Performans göstergeleri ortalama ve standart sapma değerleri

Devlet Su İşleri 6. Bölge sulama şebekelerine ilişkin 2006-2016 yılları arasında hesaplanan performans göstergelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Sulama oranı (A) en yüksek %86.25 ile Ceyhan sulamasında, su temin oranı (D) en yüksek 4.61 ile Düziçi Sabunsuyu sulamasında, fayda masrafa oranı (L) 19.91 ile en yüksek Bozyazı sulamasında, birim sulama alanına harcanan işletme-bakım masrafı (F) en düşük 33.46 \$ ha⁻¹ ile Karaisalı sulamasında, birim sulanan alan üretim değeri (M) 24137.62 \$ ha⁻¹ ile en yüksek Bozyazı sulamasında ve şebekeye alınan birim sulama suyu üretim değeri (P) ise 2.56 \$ ha⁻¹ ile en yüksek Anamur sulamasında gerçekleşmiştir.

Temel bileşenler analizi

Sulama şebekelerine ait performans göstergelerinin temel bileşenler analizi için öncelikle Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Barlett uygunluk testi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Analiz sonucunda KMO değeri 0.643>0.5 ve önemlilik seviyesi 0.000<0.01 bulunmuştur. Bu durum veri setinin temel bileşenler analizinin yapılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Temel bileşenler analizi için verilerinin uygunluğunun değerlendirilmesi

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Örneklem Ölçüm Değerlerinin Yeterliliği		0.643
Bartlett Testi	Ki-Kare	3855.937
	Sd	120
	P	0.000

Sulama şebekelerine ait hesaplanan 16 performans göstergesini gruplandırmak ve sulama şebekelerinin

başarı sıralamasını belirlemek için yapılan temel bileşenler analizi Çizelge 5'de verilmiştir. Varyansın %78.70'i açıklayan üç bileşen oluşmuştur. Bileşen 1 toplam varyansın %30.73'nü, Bileşen 2 %23.59'nu ve Bileşen 3 ise %11.78'ni açıklamaktadır. Bileşen 1'de yükleri 0.962, 0.906, 0.798, 0.752 olan I, K, G ve E göstergeleri arasında pozitif korelasyon vardır. Bileşen 2'de N, M, L ve P göstergeleri arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır.

Çizelge 3. DSI 6. Bölge sulama şebekelerine ait $\bar{X} \pm S$ değerleri

	A	B	C	D	E	F	G	H
Seyhan	85.84 (4.97)	15485.19 (1667.98)	13244.99 (1173.83)	2.62 (0.66)	116.66 (17.71)	99.92 (16.71)	0.01 (0.00)	18.55 (2.30)
Silifke	69.31 (6.62)	23372.64 (3970.98)	16104.03 (2657.83)	2.30 (0.68)	220.99 (76.66)	149.00 (39.31)	0.01 (0.00)	32.29 (6.30)
Anamur	26.93 (3.62)	34533.72 (17406.22)	9319.68 (5589.17)	3.58 (2.14)	947.28 (1390.94)	219.59 (295.08)	0.03 (0.03)	18.35 (16.22)
Bozyazı	37.54 (13.39)	30029.86 (8801.93)	11329.56 (4908.17)	3.58 (2.26)	290.95 (112.42)	99.83 (23.53)	0.01 (0.01)	24.03 (5.18)
Haruniye	42.99 (7.21)	7883.46 (3987.35)	3330.40 (1584.95)	1.06 (0.42)	134.92 (28.79)	57.99 (12.53)	0.03 (0.02)	20.56 (5.40)
Kozan	51.92 (7.77)	11410.32 (2279.77)	5940.05 (1431.97)	1.77 (0.55)	134.75 (27.45)	69.25 (16.11)	0.01 (0.00)	17.23 (3.63)
Kesikkuyu	67.74 (14.53)	7519.14 (1528.50)	5122.18 (1698.96)	1.72 (0.48)	64.84 (17.40)	44.10 (18.10)	0.01 (0.00)	6.65 (2.52)
Ceyhan	86.55 (3.02)	12238.40 (3382.83)	10555.39 (2864.67)	2.33 (0.95)	85.87 (28.38)	74.18 (25.05)	0.01 (0.00)	18.10 (8.15)
Hassa	49.83 (5.85)	16328.10 (5251.11)	8038.85 (2557.38)	3.00 (1.33)	130.19 (35.60)	62.88 (14.71)	0.01 (0.00)	9.03 (2.09)
Kırıkhan	68.78 (9.73)	11946.08 (5674.28)	8228.89 (4152.79)	2.54 (1.41)	140.72 (33.76)	95.09 (22.11)	0.02 (0.01)	14.98 (4.80)
Samandağ	60.63 (4.32)	8069.99 (1638.78)	4865.34 (895.30)	1.51 (0.51)	806.20 (726.75)	502.57 (477.28)	0.11 (0.10)	39.07 (14.07)
Yuvarlaklı	66.45 (8.96)	15971.61 (8596.49)	10625.88 (5532.81)	4.08 (2.69)	54.05 (17.92)	35.27 (11.62)	0.01 (0.01)	10.48 (3.77)
Yarseli	59.12 (8.12)	11427.02 (1816.09)	6649.77 (906.39)	1.82 (0.44)	397.95 (126.60)	236.13 (77.49)	0.04 (0.02)	35.60 (6.66)
Düziçi	41.63 (8.93)	26975.47 (15360.96)	11084.50 (6201.94)	4.46 (3.10)	136.17 (48.35)	53.54 (14.91)	0.01 (0.00)	16.80 (3.90)
Sabunsuyu Mut	24.76 (11.71)	6086.10 (5182.77)	1674.95 (2581.09)	0.44 (0.28)	1131.19 (1499.60)	154.96 (54.84)	0.23 (0.15)	9.54 (5.00)
Karaisalı	29.14 (11.28)	11108.00 (3124.48)	3466.57 (1777.71)	1.83 (0.74)	128.79 (37.92)	33.46 (13.20)	0.01 (0.01)	3.66 (1.33)
Savrun	67.81 (14.51)	5241.67 (3543.90)	3841.46 (3709.62)	0.90 (0.26)	186.66 (51.77)	123.26 (38.10)	0.05 (0.02)	21.52 (6.17)

*A: Sulama oranı (%), B: Birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$), C: Birim sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$), D: Su temin oranı, E: Birim sulanan alana harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ ha^{-1}$), F: Birim sulama alanına harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ ha^{-1}$), G: Birim sulama suyu miktarına karşılık harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ m^{-3}$), H: İşletme-bakım toplam gider oranı.

Çizelge 3 (devamı)

	I	J	K	L	M	N	O	P
Seyhan	631.98 (84.79)	540.22 (77.87)	0.04 (0.01)	6.84 (0.91)	5863.29 (988.33)	5013.37 (888.30)	0.38 (0.09)	1.05 (0.31)
Silifke	666.29 (126.76)	456.84 (64.24)	0.03 (0.00)	13.44 (3.09)	11606.56 (2916.13)	8154.67 (2594.26)	0.51 (0.18)	1.19 (0.42)
Anamur	3626.71 (1813.08)	929.89 (325.68)	0.11 (0.04)	7.76 (2.58)	23868.50 (5191.91)	6573.37 (2148.08)	0.83 (0.41)	2.56 (0.91)
Bozyazı	1170.53 (284.00)	414.31 (46.75)	0.04 (0.02)	19.91 (9.02)	24137.62 (10429.0)	8242.89 (2677.56)	0.93 (0.58)	2.41 (0.74)
Haruniye	786.12 (567.25)	333.62 (236.76)	0.14 (0.11)	3.48 (1.42)	3897.68 (777.02)	1711.21 (497.85)	0.71 (0.40)	0.59 (0.16)
Kozan	798.96 (168.54)	402.34 (47.95)	0.07 (0.03)	5.03 (1.41)	6130.50 (2349.30)	3057.09 (921.71)	0.56 (0.27)	1.01 (0.46)
Kesikkuyu	1081.13 (454.62)	659.52 (80.00)	0.16 (0.08)	2.10 (0.58)	3697.61 (714.03)	2433.28 (650.86)	0.54 (0.21)	0.91 (0.30)
Ceyhan	817.86 (1259.04)	690.77 (1037.35)	0.07 (0.11)	5.01 (1.20)	3616.23 (677.44)	3124.83 (627.99)	0.30 (0.11)	0.68 (0.17)
Hassa	1465.25 (334.16)	710.95 (146.92)	0.11 (0.08)	2.68 (0.83)	4976.79 (1385.20)	2452.53 (792.02)	0.40 (0.39)	0.96 (0.37)
Kırıkhan	996.39 (290.02)	665.65 (135.21)	0.10 (0.06)	4.30 (2.11)	4878.94 (1380.04)	3332.03 (1028.63)	0.50 (0.28)	1.04 (0.34)
Samandağ	1816.80 (732.42)	1115.77 (493.22)	0.24 (0.12)	3.78 (1.50)	11555.91 (3323.48)	7109.62 (2341.81)	1.51 (0.59)	2.29 (0.91)
Yuvarlaklı	533.03 (107.62)	345.54 (55.93)	0.05 (0.04)	5.16 (1.68)	4080.61 (1024.16)	2689.90 (789.82)	0.38 (0.37)	1.01 (0.29)
Yarseli	1097.46 (175.34)	649.02 (112.96)	0.10 (0.03)	2.62 (0.78)	4577.70 (883.55)	2759.64 (748.17)	0.42 (0.13)	0.77 (0.22)
Düziçi	851.59 (339.39)	343.74 (163.02)	0.04 (0.04)	2.96 (1.10)	4374.70 (1002.53)	1769.50 (524.22)	0.20 (0.08)	0.72 (0.22)
Sabunsuyu								
Mut	15548.12 (24758.90)	1773.16 (498.16)	3.12 (2.69)	2.29 (1.31)	16601.20 (7862.53)	3809.46 (2407.64)	5.11 (4.40)	1.41 (0.76)
Karaisalı	4381.34 (3227.83)	914.94 (115.91)	0.48 (0.46)	0.75 (0.30)	5278.28 (1846.61)	1373.27 (591.11)	0.54 (0.31)	0.99 (0.47)
Savrun	890.37 (213.17)	610.93 (271.55)	0.23 (0.10)	3.21 (1.05)	5064.80 (1027.89)	3457.93 (1325.74)	1.38 (0.78)	1.05 (0.41)

* I: Birim sulanan alana harcanan toplam gider ($\$ \text{ ha}^{-1}$), J: Birim sulama alanına harcanan toplam gider ($\$ \text{ ha}^{-1}$), K: Birim sulama suyuna karşılık toplam gider ($\$ \text{ m}^{-3}$), L: Fayda masraf oranı M: Birim sulanan alan üretim değeri ($\$ \text{ ha}^{-1}$), N: Birim sulama alanı üretim değeri ($\$ \text{ ha}^{-1}$), O: Birim şebekeye alınan sulama suyu üretim değeri P: Birim sulama suyu ihtiyacına karşılık üretim değeri ($\$ \text{ m}^{-3}$)

Kalite indeksi

Yapılan kalite indeksi analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre performansı en yüksek üç sulama şebekesi Bozyazı, Silifke ve Anamur iken en düşük performansa sahip üç sulama şebekesi Karaisalı, Mut, Düziçi Sabunsuyu olarak gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak 6. Bölgede sulama şebekelerinin başarı sıralamasına en çok etki eden Bileşen 1'de yer alan finansal etkinlik göstergesi olarak tanımlanan I, K, G ve E göstergelerinden meydana gelmektedir.

Kalite indeksinin hesaplanmasında 6. Bölgede finansal göstergeler etkili olmuştur. İşletme bakım masrafları, toplam gider parametreleri kullanılarak hesaplanan bu göstergeler sulama şebekelerinin üst sıralarda yer almasını sağlamıştır. Bölgede birim sulanan alana harcanan işletme ve bakım masraflarının bölgede bulunan sulama şebekelerinden düşük olması ($112.42 \$ \text{ ha}^{-1}$), fayda masraf oranının yüksek olması (9.02) başarı sıralamasında Bozyazı sulama şebekesinin üst sırada yer almasını sağlamıştır.

Çizelge 5. DSİ 6. Bölge Temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen bileşen yükleri

Göstergeler	Rotated Component Matrix ^a			
	1	2	3	4
I	0.962	-0.030	0.003	-0.079
K	0.902	0.041	-0.237	-0.125
G	0.798	0.060	-0.311	0.329
E	0.752	0.021	0.105	0.525
N	-0.059	0.926	0.043	0.252
M	0.171	0.868	0.069	0.053
L	-0.055	0.848	0.200	-0.062
P	0.048	0.737	0.115	0.165
D	-0.099	-0.017	0.927	-0.056
B	-0.039	0.291	0.918	0.010
C	-0.123	0.219	0.788	0.035
O	0.313	0.353	-0.482	-0.015
F	0.119	0.072	-0.026	0.956
H	-0.032	0.223	0.004	0.842
A	-0.258	-0.072	-0.065	0.187
J	0.335	0.036	-0.240	0.314
Açıklama düzeyi (%)	30.73	23.59	12.59	11.78
Toplam açıklama düzeyi (%)	78.70			

*A: Sulama oranı (%), B: Birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$), C: Birim sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$), D: Su temin oranı, E: Birim sulanan alana harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ ha^{-1}$), F: Birim sulama alanına harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ ha^{-1}$), G: Birim sulama suyu miktarına karşılık harcanan işletme-bakım masrafları ($\$ m^{-3}$), H: İşletme-bakım toplam gider oranı, I: Birim sulanan alana harcanan toplam gider ($\$ ha^{-1}$), J: Birim sulama alanına harcanan toplam gider ($\$ ha^{-1}$), K: Birim sulama suyuna karşılık toplam gider ($\$ m^{-3}$), L: Fayda masraf oranı M: Birim sulanan alan üretim değeri ($\$ ha^{-1}$), N: Birim sulama alanı üretim değeri ($\$ ha^{-1}$), O: Birim şebekeye alınan sulama suyu üretim değeri P: Birim sulama suyu ihtiyacına karşılık üretim değeri ($\$ m^{-3}$)

Çizelge 6. DSİ 6. Bölge Sulama şebekelerinin kalite indeksi

Sulama Şebekesi	Kalite indeksi	Sıralama
Bozyazı	710.90	1
Silifke	359.61	2
Anamur	346.20	3
Samandağ	322.93	4
Savrun	214.53	5
Seyhan	181.29	6
Kozan	167.55	7
Kesiksuyu	126.75	8
Kırıkhan	107.72	9
Ceyhan	64.84	10
Haruniye	60.91	11
Yuvarlaklı	34.01	12
Hassa	-19.52	13
Yarseli	-34.17	14
Karaisalı	-45.60	15
Mut	-115.67	16
Düziçi Sabunsuyu	-211.10	17

Rodriguez-Diaz ve ark. (2008) İspanya'da yaptıkları çalışmada birim alana harcanan işletme bakım masraflarını $120 \text{ € } ha^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. İspanya'nın Endülüs Bölgesinde yapılan çalışmada sulama şebekeleri ileri teknoloji ile donatılmıştır. Bu nedenle birim alana harcanan işletme bakım masrafları

oldukça yüksek çıkmıştır. Araştırma yapılan sulama bölgelerinde su iletim kanalları genelde klasik veya kanaletten oluşmaktadır. Ayrıca basınçlı sulama hizmeti yaygın olmadığına, pompa biriminin bulunmaması birim alana harcanan işletme bakım masraflarının araştırma bölgesinde düşük olmasının diğer bir nedeni olarak yorumlanabilir. Zema ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada en yüksek birim alana harcanan işletme bakım masraflarını İtalya'nın Güney Bölgesinde $1280 \text{ € } ha^{-1}$, en düşük $105 \text{ € } ha^{-1}$ olarak hesaplamışlardır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Akdeniz bölgesinde bulunan sulama şebekeleri performanslarının kalite indeksi yöntemi ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Bu çalışma, Akdeniz Bölgesi'nde Devlet Su İşleri (DSİ) 6. Bölgede bulunan 17 sulama şebekesinde yürütülmüştür. Çalışmada 2006-2016 arasındaki veriler kullanılmıştır. Toplam 16 performans göstergesi kullanılmıştır (su dağıtım, finansal ve üretim etkinlik göstergeleri). Sulama şebekelerini değerlendirmek amacıyla temel bileşenler analizi ve kalite indeksi kullanılmıştır. Sonuç olarak, sulama şebekelerinin performansına en çok etki eden

göstergeler temel bileşenler analizi ile belirlenmiştir. Kalite indeksi ise sulama şebekelerinin başarı sıralaması amacıyla kullanılmıştır. On bir yıllık verilerin ortalama değerlerine göre, Ceyhan sulamasında sulama oranı %86.25, Düziçi Sabunsuyu sulamasında su temin oranı 4.71, Anamur sulamasında birim sulanan alan üretim değeri 23866 \$ ha⁻¹, Samandağ sulamasında birim sulama alanına düşen işletme, yönetim ve bakım masrafları 502 \$ ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Genel Yorum: Kalite indeksine göre, Bozyazı, Silifke ve Anamur sulama şebekeleri en yüksek performans değerlerine sahipken, Karaisalı, Mut ve Düziçi Sabunsuyu sulama şebekeleri en düşük performans değerlerine sahiptir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Yapılan çalışma sonucunda, su iletim kanalları ve sulama yöntemlerinin geliştirilmesi ile sulama performansının aratabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulama, sulama şebekeleri, performans göstergeleri, temel bileşenler analizi, kalite indeksi.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Akkuzu E, Mengü G P (2012) Aşağı Gediz Havzası sulama birliklerinde karşılaştırmalı performans göstergeleri ile sulama sistem performansının değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(2):149-158.
- Alcon F, Bastida P A G, Garcia M S, Alvarez V M, Gorris B M, Baille A (2017) Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. Irrigation Science, 35 (3): 193-203.
- Alpar R (2017) Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. Detay Yayıncılık. Ankara. 42s
- Arslan, F, Değirmenci H (2017) Rating of some irrigation projects operated by DSI in Turkey. International Advanced Researches & Engineering Congress, November 16-18, Osmaniye, Turkey. pp 16-18.
- Arslan F, Değirmenci H (2018) Sulama şebekelerinin işletme-bakım ve yönetim modernizasyonunda RAPMASSCOTE yaklaşımı: Kahramanmaraş sol sahil sulama şebekesi örneği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(1): 45-51.

- Corcoles J I, Frizzone J A, Lima S C R V, Mateos L, Neale C M U, Snyder R L, Souza F (2016) Irrigation advisory service and performance indicators in Baixo Acaraú Irrigation District, Brazil. Irrigation and Drainage, 65(1):61-72.
- Değirmenci H, Büyükcangaz H, Kuşcu H (2003) Assessment of irrigation schemes with comparative indicators in the Southeastern Anatolia Project. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27(5):293-303.
- DSİ (2017) DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporları. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Eliçabuk C, Topak R (2017) Gevrekli Sulama Birliği'nde sulama performansının değerlendirilmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(2): 191-199.
- Malano H, Burton M (2001) Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector. IPTRID and FAO, Rome, Italy.
- Molden D J, Sakthivadivel R, Perry C J, Fraiture C D, Kloezen W H (1998) Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. IWMI, Research Report 20, Colombo, p 26.
- Renault D, Facon T, Wahaj R (2007) Modernizing Irrigation Management: The MASSCOTE Approach-- Mapping System and Services for Canal Operation Techniques (Vol. 63). Food & Agriculture Org.
- Rodriguez-Diaz, J A, Camacho-Poyato E, Lopez-Luque R, Pérez-Urrestarazu L (2008) Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: An application in Spain. Agricultural Systems, 96(1-3): 250-259.
- Şener M, Yüksel, A. N, Konukcu F (2007) Evaluation of Hayrabolu irrigation scheme in Turkey using comparative performance indicators. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 4(1): 43-54.
- Tanrıverdi C, Değirmenci H, Sesveren S (2011) Assessment of Irrigation Schemes in Turkey based on management types. African Journal of Biotechnology, 10(11):1997-2004.
- Zema DA, Nicotra A, Tamburino V, Zimbone S M (2015) Performance assessment of collective irrigation in water users' associations of Calabria (Southern Italy). Irrigation and Drainage, 64(3): 314-325.



Determination of relationship water-yield of inoculated and uninoculated soybean in different irrigation water level

Farklı sulama düzeylerinde yetiştirilen bakteri aşı ve aşısız soyanın su verim ilişkilerinin belirlenmesi

Zeynep KARAKAYA¹ , Berkant ÖDEMİŞ¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Soybean, deficit irrigation, inoculation, stomatal conductance, chlorophyll content.

Corresponding author: Berkant ODEMIS

✉: bodemisenator@gmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This research was carried out to evaluate the yield (seed yield), yield parameters (weight of 1000 seeds, dry matter accumulation), vegetative (plant weight, leaf area index) and physiological characteristics (stomatal conductance, chlorophyll content) of soybean as a response to different irrigation levels in East Mediterranean climatic conditions (Hatay Region).

Methods and Results: In the experiment, five irrigation level (as a depletion of available water content water, 25(I₂₅), 50(I₅₀), 75(I₇₅), 100(I₁₀₀) and 125%(I₁₂₅) were treated. Drip irrigation systems was employed and, irrigation frequency was planned as once a week throughout the irrigation season. According to results, the amount of applied irrigation water, evapotranspiration and water use efficiency ranged from 201.5-807.1 mm, 251.5-781.7 mm, 0.59-0.93 kg da mm⁻¹, respectively. The seed yields in inoculated and uninoculated treatments were 218.90, 328.07, 431.80, 449.33, 468.27 and 198.56, 295.80, 409.10, 473.03, 518.73 kg da⁻¹ in I₂₅, I₅₀, I₇₅, I₁₀₀, I₁₂₅ irrigation levels, respectively. The yield response to water (ky) was calculated as 0.63-0.90.

Conclusions: The amount of irrigation water were found to be influential on the seed yield, the weight of 1000 seeds, the fat and protein contents, and dry matter content of the plant in the blooming and harvest. But no effect on the number of pod and flowers in blooming were observed. The chlorophyll content and stomatal conductance tended to decrease in all treatments toward the end of the irrigation season.

Significance and Impact of the Study: In the Amik Plain, no detailed study on soybean water yield relationships conducted. This research revealed the need for irrigation water and plant water consumption of soybean in Amik Plain.

Atif / Citation: Karakaya Z, Odemis B (2019) Determination of relationship water-yield of inoculated and uninoculated soybean in different irrigation water level. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :278-289

GİRİŞ

Kısıtlı sulama, tarımsal su gereksiniminin azaltılmasında, bitki su kullanım etkinliğinin arttırılabilmesinde ve sulanmayan alanların sulamaya açılmasına olanak sağlayan önemli bir sulama stratejisidir. Özellikle verime katkısı en az olan bitki gelişme dönemlerinde sulama gereksiniminin kısmen karşılanmasıyla önemli ölçüde su tasarrufu sağlanabileceği bir çok araştırma ile ortaya

konulmuştur (English, 1990; Pereira ve ark., 2002; Fereres ve Soriano, 2007). Kısıtlı suya karşı bitkilerin vereceği tepkinin farklı iklim, toprak ve bitki gruplarında araştırılması ve öncelikli olarak gıda gereksiniminin karşılanmasında önemli rol oynayan bitkilerin ele alınması gelecek için oldukça önemlidir. Bitki grupları bir arada değerlendirildiğinde soya bitkisi diğer sektörler için oluşturduğu hammadde girdisi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Dünyanın en

önemli bitkilerinden biri olan Soya, (*Glycine max.*) protein ve yağ için yetiştirilir. Bitki esas olarak yağışlı koşullarda yetiştirilebilirken ek sulama uygulamasıyla verimi arttırılabilmektedir (Doorenbos ve Kassam, 1979). Dünyadaki soya üretimi 2010 yılı itibariyle yaklaşık 102.99 milyon ha alanda 260.92 milyon ton'dur. Türkiye'de soya üretimi 1987 yılına kadar artış göstermiş anılan yıldaki üretimi 250 bin tona ulaşmıştır. Üretim miktarı 2002 yılında 75 bin tona, 2004'te 25 bin ton'a gerilemiştir (Haskınacı, 2004). Ülkemizde soya ekiminin %91'i Adana, Osmaniye, Hatay, Mersin, K.Maraş illerini kapsayan Akdeniz bölgesinde, %8'i Ordu ve Samsun civarı ile Karadeniz Bölgesinde, %1'i Ege bölgesinde yapılmaktadır. Yıllara göre değişmekle birlikte ortalama 20.000 hektarda soya ekilmektedir (Öner, 2006).

Soya zengin protein içeriği (%40), yağ (%20), fosfolipidler, mineraller, vitaminler ve hem insan, hem hayvan tüketiminde ve endüstriyel amaçlar için kullanılmaktadır (Singh, 2010). Soya bitkisinin %60-65'i posa olup dünya çapında çiftlik hayvanlarının ana protein kaynağını oluşturmaktadır. Dünya genelinde tüketilen bitkisel yağların %30-35'i soya bitkisinden elde edilir (Mounts ve ark., 1987). Önemli bir baklagil bitkisi olan soya, uygun bakteri aşılması ve demir uygulaması ile dekara 10-30 kg saf azot kazandırma kapasitesine sahip, ekolojik bir bitki olup, en yüksek azot bağlama zamanı, çiçeklenme dönemlerinde gerçekleşmektedir (Doğan ve ark, 2008).

Soya fasulyesi gelişimi iki ayrı safhada tanımlanmaktadır. İlki çıkıştan çiçeklenmeye kadar olan dönem, vejetatif gelişme dönemleri (V), çiçeklenmeden olgunlaşmaya kadar olan dönem ise generatif dönem (R) olarak tanımlanmaktadır. Vejetatif dönemler; çıkış (VE), kotiledon (C), ilk boğum (V1), n. boğum (Vn) dönemleridir. Generatif dönemler ise, çiçeklenme başlangıcı (R1), tam çiçeklenme (R2), bakla başlangıcı (R3), tam bakla (R4), tane başlangıcı (R5), tane (R6), olgunlaşma başlangıcı (R7) ve olgunluk (R8) dönemlerini kapsamaktadır. Soya bitkisi suya hassas bir bitkidir. Uzun süreli kuraklığa dayanamaz. Tam sulama ile kıyaslandığında kısıtlı su ve susuz koşullardaki su tüketimi sırasıyla %17 ve %68 daha az gerçekleşir (Cox ve Jolliff, 1986). Farklı gelişme dönemlerinde oluşturulan su stresi %20'den %40'a çıkartıldığında, kuru madde miktarını %25-34, verimi %18-30 oranında azaltmaktadır (Vearella, 1998). Benzer biçimde su stresi tane verimini %39 azaltabilir (Brededan ve Egli, 2003). Amik Ovasında sulama suyu gereksinimi 394 mm ve Et (evapotranspirasyon) 396 mm, en yüksek aylık Et 185.5 mm ile Ağustos ayında belirlenmiştir. Bitki katsayısı (kc), en yüksek 0.86 olarak Ağustos ayında bulunmuştur. En yüksek verim tam sulama (332 kg da⁻¹) konusunda, en

düşük verim (54 kg da⁻¹) ise susuz konuda elde edilmiştir. Sulama suyu arttıkça protein miktarı artmış, yağ oranı düşmüştür (Güler, 1990).

Soyanın uygun sulama suyu miktarı çimlenme için elverişli kapasitenin %15-50'si arasında olmalıdır. Vejetatif gelişme dönemi boyunca su eksikliği veya aşırı sulama gelişme geriliğine neden olmaktadır. Su eksikliğine en hassas dönem çiçeklenme ve verim oluşum döneminin başlangıcıdır (bakla gelişimi). Verim oluşum dönemi boyunca toprağın, bakla dolumu ve yüksek verim için elverişli kapasitenin %50'sinden fazlasını tüketmesi sakıncalıdır. Çiçeklenme döneminde toprak nemi elverişli kapasitenin %50'sinden az, %85'inden fazla olmamalıdır. Vejetatif gelişme dönemleri ve özellikle bitkinin olgunlaşmaya yakın olduğu dönemlerde su uygulamasının azaltılmasıyla sudan tasarruf sağlanabilir. Ancak geç çiçeklenme ve erken bakla oluşumu dönemlerinde sudan tasarruftan elden geldiğince kaçınılmalıdır (Doorenbos ve Kassam, 1979). R4, R5 ve R6 dönemlerinde yapılan tek sulamanın verimde farklılık yaratmadığı ve susuz konuya göre ancak %20 daha fazla verim elde edilmiştir (Sweeney ve ark., 2003). R4 dönemindeki sulamanın R5 ve R6 daki sulamalardan daha fazla tohum ağırlığına neden olur. Sulama suyu miktarı tohumdaki proteine az miktarda, yağ içeriğine ise değişken oranlarda etki etmiştir. Araştırmacılar kısa süreli stresin R4 ile R6 dönemlerinde verimi olumsuz etkileyebileceğini, ancak sulamanın yeteri kadar yapılamaması durumunda, sık ve yeterli yağış dağılımının verimi arttırabileceğini ileri sürmüşlerdir. Tohum doldurma döneminde kısmen azalan kuraklık stresi daha büyük tohumların oluşmasına neden olmuştur. Buna karşın R4 dönemindeki sulamanın bitki başına tohum sayısını, susuz konuya göre daha fazla arttırmıştır. R4 ve R6 dönemlerindeki sulamalarda bu durum görülmemiştir. Elde edilen sonuçlar; farklı gelişme dönemlerinde yapılan tek sulamaların erkenci çeşitlerde verim ve kaliteyi etkileyebileceğini, yarı nemli ve nemli bölgelerde kritik gelişme dönemlerinde bitki stresini kısmen azaltmak için kısıtlı sulama planlanabileceğini, ancak erkenci çeşitlerin kritik üreme dönemlerinin sulanmasının yeterince açıklığa kavuşturulması gerektiğini ortaya koymuştur. Sincik ve ark. (2008), yarı nemli Bursa koşullarında, tam sulama uygulamasında en yüksek verim (3760 kg ha⁻¹) elde edilirken sulanmayan konuda en düşük verim (2069 kg ha⁻¹) ve %45 daha az tohum verimi elde edilmiştir.

Soya bitkisinin farklı iklim alanlarında suya karşı farklı tepkiler göstermesi değişen iklim koşullarında Amik Ovasında da araştırma yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bu araştırmada; Soya bitkisinin Doğu Akdeniz (Hatay) koşullarında sulama suyu gereksinimi ve bitki su tüketimi

değerlerinin belirlenmesi ve kısıtlı sulama stratejisinin uygulama olanakları, su-verim ilişkileri, bakteri aşılı ve aşısız uygulamaların verime etkisi ve kısıtlı suyun bitki fizyolojisindeki değişimlere etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırma, Hatay İli sınırlarında Amik Ovası'nda 2014 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları siltli killi olup sulama suyu kalitesi C₂S₁ düzeyindedir. Bölgede yazlar sıcak ve kurak; kışlar ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllık (1945-2006) iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 20 °C'dir. Denemede 1.8 lt h⁻¹ debili, damlatıcı aralığı 40 cm olan damla sulama lateralleri kullanılmıştır. Denemede kullanılan Bravo çeşidinin olgunlaşma değeri 3.3, bitki boyu 100-110 cm, yağ oranı, %21-23, protein %36-38, bakla sayısı 50-55 adet/bitki, ilk bakla yüksekliği 14-16 cm, baklada dane sayısı 3-4 adettir.

Yöntem

Bitki su tüketimi ve su-verim fonksiyonları

Deneme, bölünmüş parseller deneme desenine göre bakteri aşılı ve aşısız bitkilerde 5 farklı sulama düzeyinde konumlandırılmıştır. İlk sulama elverişli kapasitenin %50'si tüketildiğinde, sonraki sulamalar ise yaklaşık olarak 5-7 gün aralığında yapılmıştır. Sulama düzeyleri tüketilen suyun tamamının (I₁₀₀), %75'inin (I₇₅), %50'sinin (I₅₀) %25'inin (%₂₅) ve tam sulamanın %25 fazlasının (I₁₂₅) uygulanması şeklinde planlanmıştır. Ekim, sıra arası 70 cm sıra üzeri 5 cm olacak şekilde yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarının belirlenmesinde, 90 cm toprak derinliği dikkate alınmıştır. Toprak nemi, gravimetrik yöntem (burgu yardımıyla) ile ve damlatıcıdan yaklaşık 15-20 cm uzaklıktan belirlenmiştir.

Bitki su tüketimi, toprak-su bütçesi $Et = I + R - Dp - Ro \pm \Delta S$ eşitliğinden yararlanılarak belirlenmiştir (James, 1988). Eşitlikte; Et: Bitki su tüketimi (mm), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm), R: Düşen yağış (mm), Dp: Drenaj miktarı (mm), Ro: Yüzey akış miktarıdır (mm) ΔS : İki toprak nemi ölçümü arasındaki değişimi (mm) ifade etmektedir.

Oransal su tüketimi eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki Stewart ve ark., (1976) tarafından verilen $1 - (Ya/Ym) = ky (1 - (Eta/Etm))$ eşitliği ile belirlenmiştir. Bu eşitlikte, Ya= gerçek verim (kg da⁻¹), Ym=maksimum verim (kg da⁻¹), ETa=mevsimlik gerçek su tüketimi (mm), ETm=mevsimlik maksimum su tüketimi (mm), ky=verim tepki etmenini göstermektedir.

Su kullanım etkinliği; $WUE = Y/Et$ ve $IWUE = Y/I$ eşitlikleri ile belirlenmiştir. Burada; WUE = Su kullanma randımanı (kg m⁻³), WUE= Sulama suyu kullanma randımanı (kg m⁻³), Et= Evapotranspirasyon (mm), Y= Uygulamalardan elde edilen soya verimi (kg da⁻¹), I= Uygulanan sulama suyu miktarıdır (mm).

Verim ve fizyolojik parametrelerinin belirlenmesi

Dane Verimi

Her tekerrürde 14 m²'lik alandan hasat edilen ve tartılan bitkiler harman edildikten sonra elde edilen tane ürünün tartılması ile;1000 Dane Ağırlığı: tane ürününden 4 adet 100 tohum sayıldıktan sonra tartılmış, elde edilen toplam 4'e bölünüp 10 ile çarpılması ile, Yağ ve Protein Oranlarının Belirlenmesi: NIT (Near Infrared Transmittance) cihazıyla, Bitki boyu: Deneme süresince çiçeklenme döneminden hasata kadar her 10 günde bir tüm konu ve tekerrürlerden belirlenen 10 adet bitkiden, Kuru madde miktarı (biyomas); Çiçeklenme döneminde (15 Temmuz 2013) ve hasat döneminde olmak üzere 2 kez, her tekerrürden tampon olarak kullanılan sıralardan 0.50 m uzunluğundaki alandaki bitkiler kesilerek önce yaş ağırlıkları daha sonra yaprak ve gövde kısımları ayrılarak 65 °C' de 24 saat etüvde bekletilmiş ve kuru madde miktarları belirlenmiştir. Hasat dönemindeki biyomas örneklemede bitki yaprakları kuruduğu ve döküldüğü için yine aynı uzunluktan (0.50 m) alınan örneklerin sadece kuru madde miktarları belirlenmiştir. Çiçek ve bakla sayısı; Biyomas örnekleme için alınan bitkilerin çiçek ve bakla sayıları belirlenerek elde edilen sonuçlar dekara çevrilmiş ve istatistiksel analize tabii tutulmuştur. Stoma iletkenliği porometre (Model SC-1. LPS0881) aleti ile, Klorofil değerleri ise Minolta SPAD 502 aleti ile ölçülmüştür. Ölçümler her bir parselin ortasında seçilen iki bitki üzerinde güneşi gören tam gelişmiş üst iki yapraktan açık hava koşullarında 12:00-14:00 saatleri arasında haftada bir defa yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama suyu sonuçları

Araştırma süresince yaklaşık 7 gün aralıklarla toplam 10 sulama yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları 201.54 mm ile 807.12 mm arasında değişmiştir (Çizelge 1). Diğer araştırmalarda ise sulama suyu miktarları 663.1-456.2 mm (Candoğan, 2009) ve oyocomachi ve Toyohomere çeşitleri için sırasıyla 1058-263 mm ve 1094-272 mm (Çömlekçioğlu ve Şimşek (2011), olarak belirlemiştir. Araştırmalar genelde sulama ihtiyacının ikinci ürün soyada zorunlu olduğunu, ancak son yıllarda yağış azlığı ve toprakta suyun depolanma miktarının azalması nedeniyle etkili kök derinliğinde (90 cm) tutulan

suyun en az %50'den daha aşağıya düştüğünü bu durumun ilk üründe de sulamanın zorunlu hale getirdiğini göstermektedir (Tülücü, 2003).

Çizelge 1. Sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliği

SD	I (mm)	Et (mm)		Verim (kg da ⁻¹)		WUE (kg m ⁻³)		IWUE (kg m ⁻³)	
		Aş	Aşz	Aş	Aşz	Aş	Aşz	Aş	Aşz
I ₂₅	201.54	253.51	319.04	218.90	198.56	0.82	0.59	1.03	0.94
I ₅₀	352.94	335.29	476.54	328.07	295.80	0.93	0.59	0.88	0.80
I ₇₅	504.33	550.50	458.17	431.80	409.10	0.75	0.85	0.81	0.77
I ₁₀₀	655.72	689.23	644.23	449.33	473.03	0.62	0.70	0.65	0.69
I ₁₂₅	807.12	781.71	778.41	468.27	518.73	0.57	0.63	0.55	0.61

SD: sulama düzeyi, WUE: su kullanma etkinliği, IWUE: Sulama suyu kullanma etkinliği, I: sulama suyu miktarı,

Et: Bitki su tüketimi

Bitki Su Tüketimi (Et) Sonuçları

En fazla su tüketimi Aşılı I₁₂₅ uygulamasında 781.71 mm, aşısız uygulamada ise 778.41 mm olarak ölçülmüştür (Çizelge 1). Aşılı I₁₀₀ uygulaması esas alındığında Et miktarları I₇₅, I₅₀, I₂₅ sulama düzeylerinde sırasıyla %20.12, %51.35 ve %63.21 oranında azalırken Aşılı I₁₂₅ sulama düzeyinde %13.46 oranında artmıştır. Benzer şekilde Aşısız I₁₀₀ konusu esas alındığında Et sırasıyla %28.88 (I₇₅), %26.02 (I₅₀), %50.47 (I₂₅) oranında azalmış, I₁₂₅ sulama düzeyinde %17.23 oranında artmıştır. Araştırmalar, optimum verim için mevsimlik Et'nin farklı iklim alanlarında 380-730 mm (Kanamasu, 1979), 372 mm, 354 ve 405 mm arasında (Ünlü ve ark., 2010) değiştiğini, en yüksek günlük Et'nin 8-9 mm arasında olduğunu (Kanamasu, 1979), göstermektedir. Cox ve Jolliff (1986), soya fasulyesinin uzun süren kuraklığa dayanım gösteremediğini, Et'nin tam sulama konusuna göre kısıntılı sulama ve susuz koşullarda, sırasıyla %17 ve %68 daha az ölçüldüğünü saptamışlardır. Karam ve ark. (2005), Et değerini ilk yıl 720 mm ve ikinci yıl 652 mm olarak ölçmüşler ve gelişme dönemlerine göre yığılımlı ve ortalama günlük su tüketimlerini vejetatif gelişme döneminde 294 mm ve 4.3 mm, tam çiçeklenmeden bakla başlangıcına kadar 170 mm ve 8.0 mm, tam bakladan tam olgunlaşmaya kadar 299 mm ve 5.9 mm olarak belirlemişlerdir. Amik Ovası'nda ise mevsimlik Et 396 mm, en yüksek aylık Et 185.5 mm ile Ağustos ayında belirlenmiştir (Güler, 1990). Araştırmalardan elde edilen sonuçların birbirlerinden farklı olmasındaki en temel neden araştırmaların yapıldığı bölgelerin iklim, toprak ve bitki çeşitlerindeki farklılıklardır. Hatta aynı iklim karakterine sahip alanlarda dahi yıllara bağlı olarak değişen sıcaklık, nem ve rüzgâr gibi iklim öğeleri bitki su tüketimi üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır.

Su-verim fonksiyonu (Ky)

Bitki su tüketimi–dane verimi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli bulunmasından sonra ky değerleri hesaplanmış ve ky değerleri aşılı uygulamada 0.63 ($p<0.05$), aşısız uygulamada 0.90 ($p<0.01$) ortalama 0.80 ($p<0.01$) olarak hesaplanmıştır. Candoğan (2009) ky değerini mevsimlik olarak 1.18 ile 1.24 arasında, vejetatif, çiçeklenme, bakla oluşumu ve tane oluşum dönemlerinde sırasıyla 0.35-0.41, 1.07-1.19, 1.28-1.34 ve 1.74-2.21 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Güler (1990), tüm gelişme dönemi için ky değeri 1.02 olarak saptamıştır. Çukurovada yürütülen bir araştırmada ise çiçeklenme ile bakla gelişimi ve dolumu dönemlerine karşı, vejetatif dönemde oransal verim azalışının daha fazla olduğu ve vejetatif dönemde ky 0.58, çiçeklenme döneminde 1.13, bakla gelişim ve dolumu döneminde ise 1.76 bulunmuştur. Doorenbos ve Kassam (1979), ky değerini toplam büyüme mevsimi için 0.85; vejetatif büyüme, çiçeklenme ve tane oluşum dönemleri için sırasıyla 0.2, 0.8 ve 1.0 olarak belirlemişlerdir.

Su kullanım randımanı

Aşılı konularda IWUE değeri en yüksek I₂₅ konusunda hesaplanmıştır. I₁₀₀ ve I₁₂₅ konularındaki IWUE değerleri yaklaşık olarak aynı düzeyde gerçekleşmiştir. En düşük IWUE ve WUE değerleri I₁₂₅ konusunda bulunmuştur (Çizelge 1).

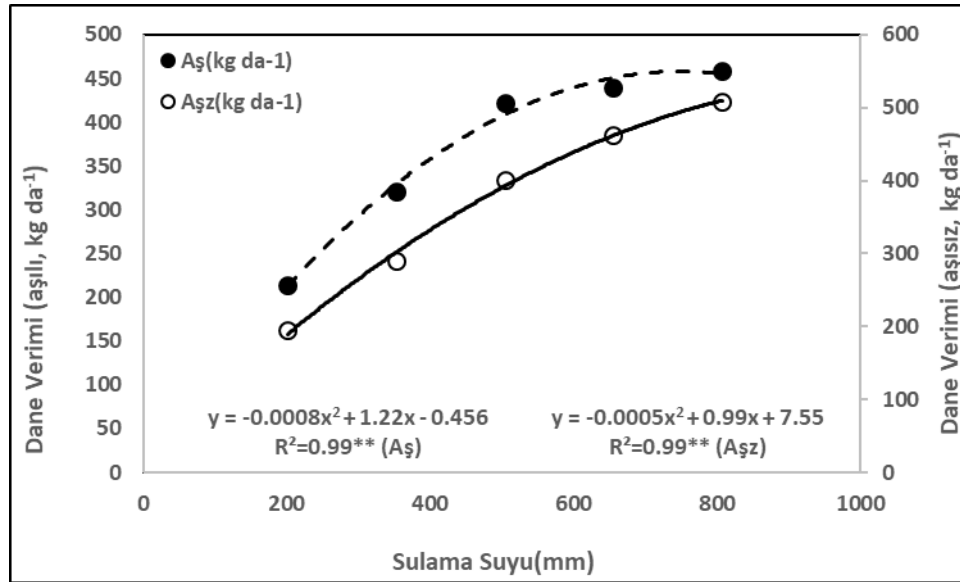
Aşısız konulardaki en yüksek ve en düşük IWUE I₂₅ konusunda (0.94 kg m⁻³), ve I₁₂₅ konusunda (0.61 kg m⁻³) hesaplanmıştır. I₁₀₀ ve I₁₂₅ konularındaki IWUE değerleri ise, sırasıyla 0.69 ve 0.61 kg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Aşısız konuların WUE değerlerinde en yüksek ve en düşük değerler, I₇₅ ve I₅₀ sulama düzeylerinde görülmüştür. Sincik ve ark. (2008), sulama suyu miktarı arttıkça hem WUE hem de IWUE'nin azaldığını ve en yüksek tane veriminin tam sulama uygulamasından (3760 kg m⁻³), en düşük tane veriminin sulanmayan

konudan (2069 kg ha⁻¹) elde edildiğini ve su eksikliği tohum verimini %45 oranında azalttığını belirtmişlerdir.

Su-verim ilişkileri

Soyanın dane verimi (Çizelge 2) ile sulama suyu miktarları arasında önemli ikinci dereceden ilişkiler (Şekil 1)

çözümlendiğinde en yüksek verimin aşılı ve aşısız soyada 763 mm ve 993 mm sulama suyu miktarlarından elde edileceği belirlenmiştir. Söz konusu miktarlar aşılı soyada I₁₀₀ (655.72 mm) ve I₁₂₅ (807.12 mm) sulama düzeyleri aralığına denk gelmektedir.



Şekil 1. Aşılı ve aşısız uygulamalarda sulama suyu ile dane verimi arasındaki ilişkiler.

Çizelge 2. Verim ve verim özelliklerine ilişkin ortalama değerler

SD	Tane verimi (kg da ⁻¹)			1000 Tane Ağ. (g)			Yağ oranı (%)			Protein Oranı (%)		
	Aşılı	Aşısız	Ort	Aşılı	Aşısız	Ort	Aşılı	Aşısız	Ort	Aşılı	Aşısız	Ort
I ₂₅	218.90 a	198.56 a	208.73	135.24	154.54	144.89	20.90	20.90	20.90 ab	35.63	35.90	35.76a
I ₅₀	328.07 b	295.80 ab	311.94	161.68	168.86	165.27	20.83	21.10	20.96 b	35.53	35.60	35.56a
I ₇₅	431.80 c	409.10 bc	420.45	157.58	146.73	152.155	21.03	21.06	21.05 b	35.76	35.73	35.75a
I ₁₀₀	449.33 c	473.03 bc	461.18	177.54	191.08	184.31	20.86	21.03	20.95 b	36.53	36.20	36.36b
I ₁₂₅	468.27 c	518.73 c	493.50	175.92	199.94	187.93	20.83	20.56	20.70 a	36.26	36.83	36.55b
Ort.	379.27	379.04	379.16	161.59	172.23	166.91	20.89	20.93	20.91	35.94	36.05	36.00
SD	Kuru Madde Miktarı (kg da ⁻¹)			Kuru Madde Miktarları (kg da ⁻¹)			Çiçek sayısı (adet/bitki)			Bakla Sayısı (adet/bitki)		
	(Çiçeklenme dönemi)			(Hasat Dönemi)			(Çiçeklenme Dönemi)			(Çiçeklenme Dönemi)		
I ₂₅	291.75	242.70	267.22	328.89	185.08	256.99	7.66	31.66	19.66	8.00	15.66	11.83
I ₅₀	443.33	384.28	413.81	677.78	379.84	528.81	7.66	15.66	11.66	9.00	17.66	13.33
I ₇₅	509.84	395.87	452.86	663.17	600.16	631.67	6.33	28.00	17.16	11.33	15.33	13.33
I ₁₀₀	413.49	512.54	463.02	661.91	521.59	591.75	7.33	16.66	12.00	14.33	10.00	12.16
I ₁₂₅	412.70	511.59	462.14	658.89	744.76	701.83	5.33	7.00	6.16	6.33	6.66	6.50
Ort.	414.22	409.40	411.81	598.13	486.29	542.21	6.86	19.80	13.33	9.80	13.06	11.43

SD: sulama düzeyi

Bazı araştırmalar soya fasulyesi sulamasında kısıtlı sulama uygulamasının zorunlu olması durumunda su eksikliğinin yalnızca vejetatif döneme yönelik olarak planlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Gelişme dönemlerine bakıldığında su stresinin soyanın kısa dönem yetiştiriciliğinde R4 ile R6 döneminde verime

daha fazla zararlı olabileceğini göstermektedir (Sweeney ve ark., 2003). Soyada sulama suyu miktarlarındaki artışın verim ve verim parametreleri üzerine etkisini ortaya çıkaran ve bizim bulgularımızla uyum içerisinde olan çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Salassi ve ark., 1984; Aruna ve ark., 1995).

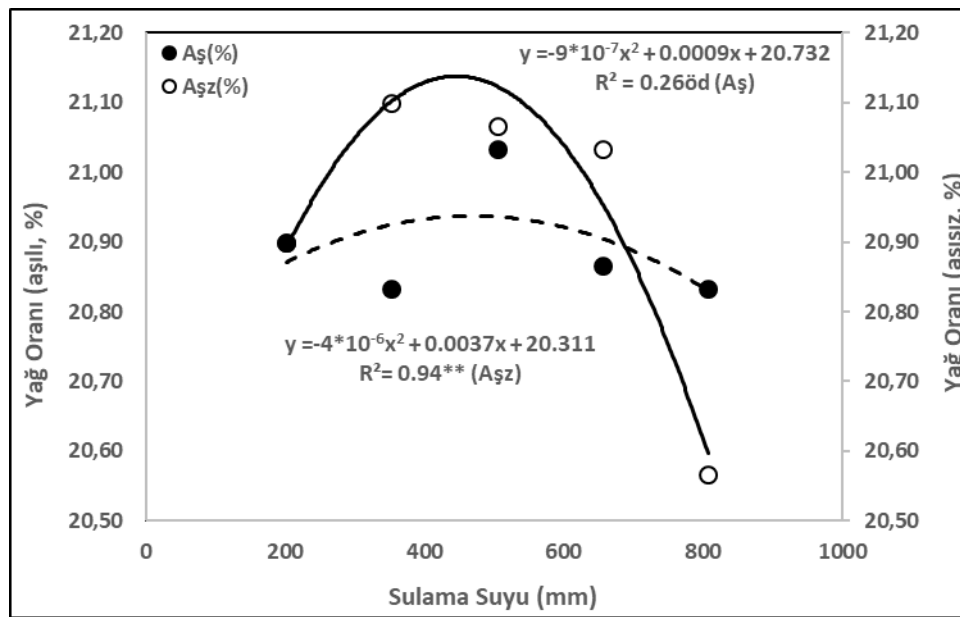
Çizelge 3. Verim değerlerine ilişkin önem seviyeleri

Varyasyon Kaynağı	Sd	Tane verimi (kg da ⁻¹)	1000 Dane ağırlığı (kg da ⁻¹)	Yağ oranı %	Protein oranı %	Bakla sayısı (adet da ⁻¹)	Çiçek sayısı (adet da ⁻¹)
Bakteri (B)	1						**
Sulama düzeyi (SD)	4	***	*	*	**		
B *SD	4						
Genel Hata	29						

Sd: serbestlik derecesi

Sulama suyu miktarı arttıkça yağ oranının azaldığı belirlenmiştir. Hem aşılı hem aşısız konulardaki en yüksek yağ oranı I₅₀ ve I₇₅ sulama düzeylerinde, en düşük yağ oranı ise hem aşılı hemde aşısız uygulamada I₁₂₅ sulama düzeyinde saptanmıştır (Şekil 2). Aşılı uygulamada en yüksek (I₇₅) ve en düşük (I₅₀-I₁₂₅) yağ oranları arasındaki fark %0.96 olarak hesaplanmıştır. Benzer durum %2.55 ile I₅₀ ve I₁₂₅ uygulamaları arasında gerçekleşmiştir. Sulama suyu miktarı 500 mm olduğunda

aşılı konuda, 462.5 mm olduğunda aşısız konuda en yüksek yağ oranı elde edileceği hesaplanmıştır. Aşısız konuda sulama suyu ile yağ oranı arasında $p < 0.01$ düzeyinde önemli ilişki görülürken, aşılı konuda önemli bir ilişki saptanmamıştır. Soyada yağ oranı üzerine sulamanın etkisinin oldukça önemsiz olduğu ancak yeterli miktarda su var ise yağ içeriğinde de hafif bir artma eğilimi görülebildiğini belirten araştırmalar da bulunmaktadır (FAO, 1979).



Şekil 2. Aşılı ve aşısız uygulamalarda sulama suyu ile yağ arasındaki ilişki

Hem aşılı hem de aşısız konuda protein verimi (Çizelge 2) ile sulama suyu arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir. En yüksek ve en düşük protein oranı Aşılı konularda I₁₀₀ (%36.53) ve I₅₀ (%35.53) sulama düzeylerinde Aşısız konularda I₁₂₅ (%36.83) ve I₅₀ (%35.60) sulama düzeylerinde görülmüştür. Soya zengin protein içeriğine (%40) sahip bir bitkidir (Singh, 2010). Bu çalışmada da diğer araştırmalarda da (FAO, 1979) sulamanın protein içeriğini artırmada herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Sweeney ve ark. (2003), R4, R5 veya R6 gelişme dönemlerinde yaptığı tek sulamanın etkisini susuz konu ile kıyasladığında protein

açısından bir farkın oluşmadığını, çeşitler arasındaki farkın %4'ten küçük olduğunu belirtmişlerdir.

Vegetatif Özellikler

Çiçek Sayısı

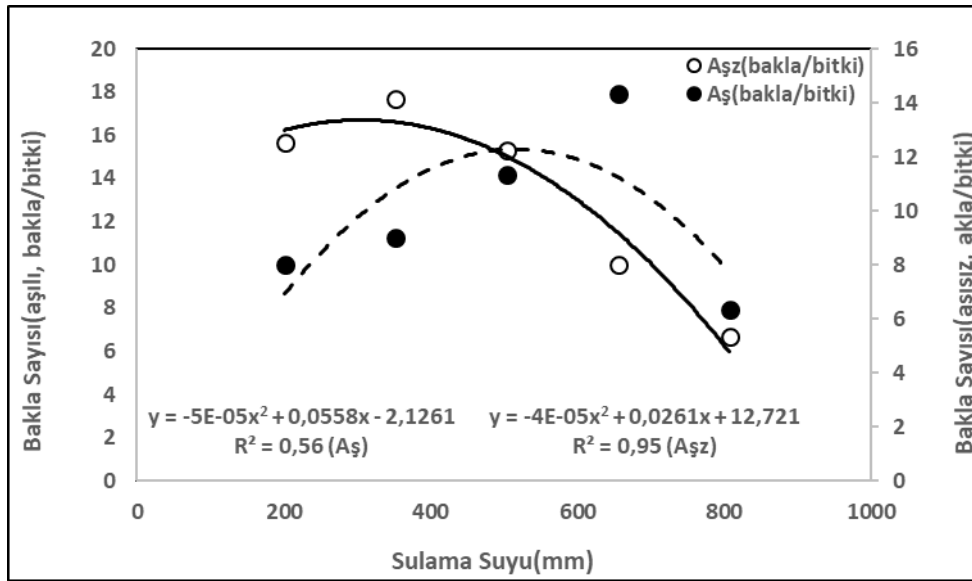
Ekimden 45 gün sonra yapılan örneklemede çiçek sayısı (Çizelge 2) ve sulama suyu arasındaki ilişkiler önemsiz bulunmuştur. Bu durumun, çiçeklenme döneminde az su alan konularda oluşan stres nedeniyle bitkilerin gelişim döneminin kısılması ve çiçeklenmenin erken başlamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Daha sonraki gelişme dönemlerinde

yapılan gözlemlerde kısıtlı su alan konularda çiçek dökümlerinin diğer konulara göre daha fazla olduğu ve bu durumun hasat verimine yansıdığı belirlenmiştir. Normal şartlarda çiçeklerin % 60-75'i bakla oluşumu başlangıcı devresinde dökülmektedir. Bu çiçeklerin yarısı baklalar gelişmeye başlamadan önce, diğer yarısı da döllenerek bakla meydana getirdikten sonra dökülür (Çırak, 2003). Soya bitkisinde R1 (çiçeklenme), R3 (bakla başlangıcı) ve R5 (tohum oluşumu başlangıcı) dönemlerinin kuraklığa toleransı diğer dönemlere göre daha azdır. Foroud ve ark. (1993), soya bitkisinin R1 (çiçeklenme başlangıcı) ve R5 dönemleri (tohum oluşumu başlangıcı) arasında yaşlandığı için stresli koşullarda oluşan zararı karşılama yeteneğinin azaldığını ve stresten kaynaklı verim azalma oranının arttığını belirtmişlerdir. Su stresi meydana geldiğinde verim bileşenlerinin farklı şekilde etkileneceğini belirten (James, 1988), çiçeklenme başlangıcı boyunca oluşan stresin her bitkideki bakla sayısını azaltacağını ileri sürmüştür. Çiçeklenme periyodu boyunca ve çiçeklenme başlangıcından sonra stres oluştuğunda bakla ve tohum büyüklüğünün; bakla dolum dönemi ve geç çiçeklenme

boyunca stres oluştuğunda sadece tohum büyüklüğünün azalacağı belirlenmiştir.

Bakla Sayısı

En yüksek bakla sayısı aşılı konuda sulama miktarı 481.5 mm (I₅₀-I₇₅ sulama düzeyi arasında) olduğunda, aşısız konuda ise 281 mm (I₂₅-I₅₀ sulama düzeyi arasında) olduğunda görülmektedir (Şekil 3, Çizelge 2). Bakla sayısı ile sulama suyu arasında aşılı konularda önemli ilişki görülürken aşısız konularda önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Sulama düzeyleri açısından en yüksek bakla sayısı aşılı ve aşısız uygulamalarda sırasıyla I₇₅ ve I₅₀ konularından elde edilmiştir. Hem tane verimi hem de 1000 dane ağırlığına (Çizelge 2) sulama suyu miktarının etkisi önemli çıkarken başka bir verim parametresinin sulama düzeyinden etkilenmemesi olasılık dışı olarak değerlendirilmiştir. Bu farklılığın, sulama programı başladıktan örnekleme zamanına kadar geçen sürede yapılan I₇₅ sulama düzeyinde sulamanın bakla sayısında bir değişime neden olacak düzeyde birikimli bir strese neden olmadığından meydana geldiği değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Aşılı ve aşısız uygulamalarda sulama suyu ile bakla sayısı arasındaki ilişki

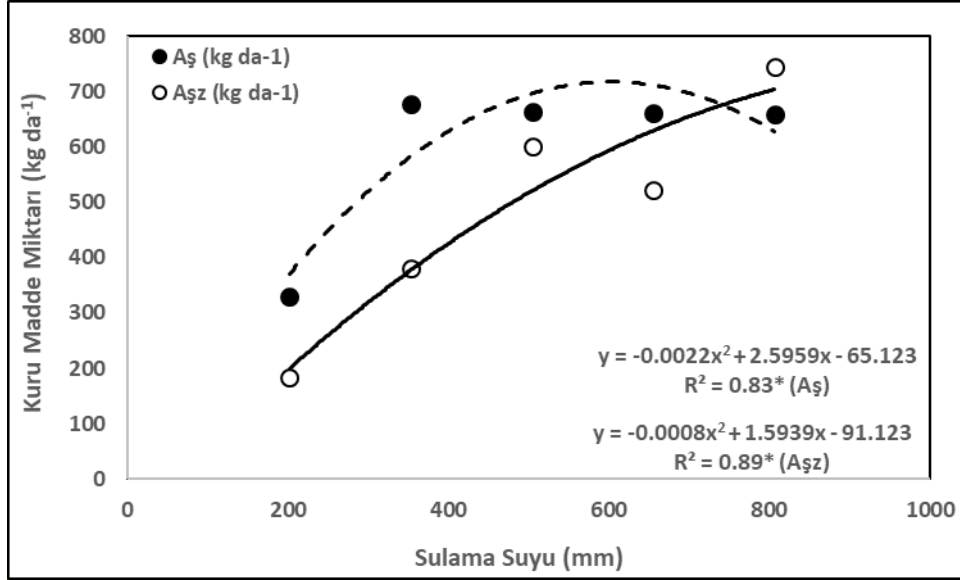
Kuru Madde Miktarı

Kuru madde (15 Temmuz 2013 çiçeklenme ve 22 Eylül 2013 hasat dönemi örnekleme) miktarları ilk örneklemede I₁₀₀ sulama düzeyine kadar anlamlı bir şekilde artarken I₁₀₀ ve I₁₂₅ sulama düzeylerinin yaklaşık aynı değerlerde olduğu görülmüştür (Çizelge 2). İkinci örneklemede ise sulama düzeyleri arttıkça kuru madde miktarlarının belirgin şekilde arttığı belirlenmiştir. Her iki dönem incelendiğinde sadece I₂₅ sulama düzeyindeki kuru madde miktarının ikinci örneklemede (22 Eylül

2013) azaldığı görülmüştür. Diğer sulama düzeylerinde ise dönemsel artış oranları I₅₀'de %21.74, I₇₅'de %28.30, I₁₀₀'de %21.75, I₁₂₅'de %34.15 olarak hesaplanmıştır. Sulama suyu miktarlarındaki artış, gövde ve yaprak taze ağırlıklarının ve kuru ağırlıklarının artmasına neden olmuştur (Şekil 4). Çiçeklenme döneminde yapılan örneklemede ortalama gövde kuru ağırlığı I₅₀ sulama düzeyinde, yaprak kuru ağırlığı I₁₀₀-I₁₂₅ sulama düzeylerinde, toplam bitki kuru ağırlığı ise I₁₀₀ sulama düzeyinde en yüksek değerde ölçülmüştür. Genel olarak sulama suyu miktarlarının kuru madde miktarına etkisi

I_{75} - I_{100} aralığında en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Wang ve Isoda (1995), her organın kuru ağırlığının sulama suyu miktarı arttıkça artma eğilimi gösterdiğini, sürgün kuru ağırlığının en çok su alan konuda arttığını ancak söz konusu artışın bir süre sonra durduğunu belirtmişlerdir. Farklı gelişme dönemlerinde yaratılan su stresi %20'den %40'a çıktığında, kuru madde miktarı

%25-34 arasında azalmakta ve verim %18-30.3 oranında düşmektedir (Vearela, 1998). Board ve Modali (2005), optimal verimi tahmin etmede R1 (ilk çiçeklenme) ve R5 (tohum oluşumu başlangıcı) dönemlerindeki toplam kuru madde miktarının (sırasıyla 200 gr m^{-2} ve 600 gr m^{-2} kuru madde miktarlarının) kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.

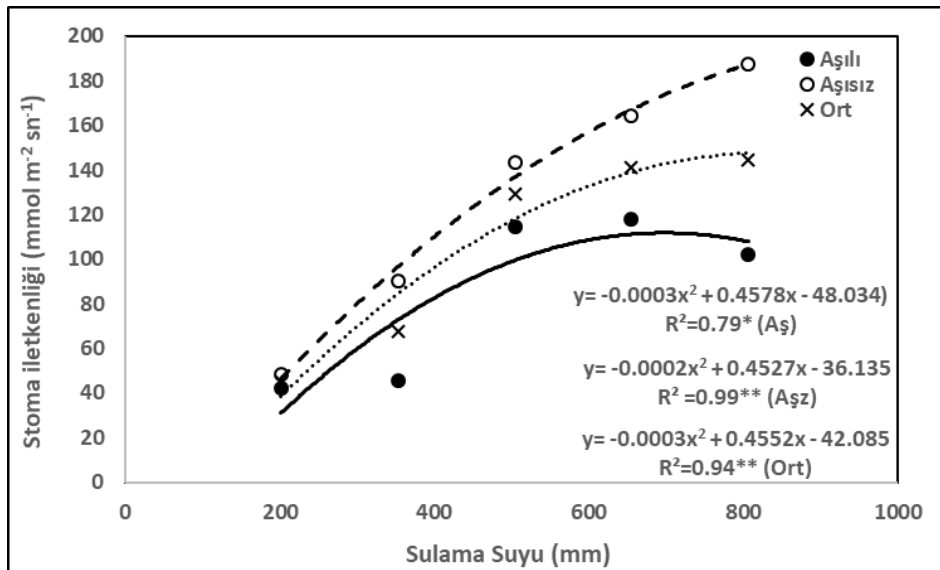


Şekil 4. Sulama suyu ile kuru madde miktarı (hasat dönemi) arasındaki ilişki

Bitki Boyu

4 Temmuz 2013 ve 2 Eylül 2013 tarihlerinde yapılan ölçümlerde en yüksek ve en düşük bitki boyları sırasıyla I_{125} ve I_{25} sulama düzeylerinden ölçülmüştür. Sulama suyu miktarı ile bitki boyları arasında birinci dereceden önemli ilişkiler saptanmıştır. Regrasyon analizleri sonucu sulama suyu- bitki boyu arasında aşılı uygulamada

$y=0.0305x+68.103$ ($R^2=0.90^*$) aşısız uygulamada $y=0.0637x+57.891$ ($R^2=0.97^*$), biçiminde ilişkiler saptanmıştır. Buna göre sulama suyundaki 1 mm'lik artış bitki boyunda 0.03 cm (aşılı) ve 0.06 cm artışa (aşısız) neden olmuştur. Bitki gelişme dönemi boyunca en yüksek bitki boyu değerleri I_{25} , I_{50} , I_{75} , I_{100} ve I_{125} sulama düzeylerinde sırasıyla 223., 224., 226., 226., ve 229. günlerde saptanmıştır.



Şekil 5. Aşılı ve aşısız uygulamalarda stoma iletkenliği ile sulama suyu arasındaki ilişkiler

Bitki fizyolojisine ilişkin sonuçlar

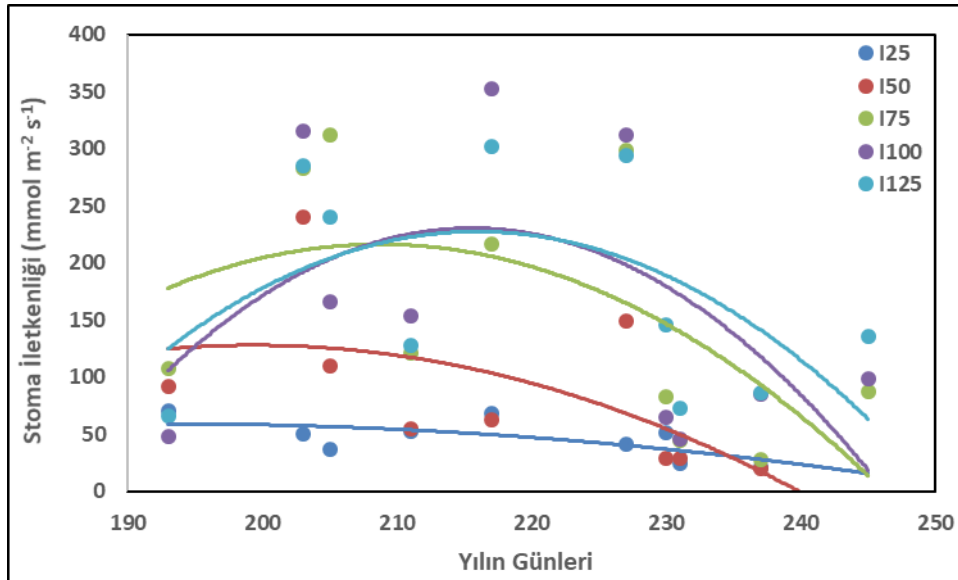
Araştırmada sulama suyu miktarlarının soya bitkisinin stoma iletkenliği ve klorofil içeriğine etkilerinin belirlenmesi amacıyla denemenin 4 Temmuz 2013 tarihinden 2 Eylül 2013 tarihine kadar her sulama düzeyinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde her bitkinin üstten 1.boğumun orta ve en genç yaprağı esas alınmıştır.

Araştırmada stoma iletkenliği ile sulama suyu miktarı arasında aşılı, aşısız ve her iki konunun ortalama değerleri arasında ikinci dereceden istatistiksel olarak önemli ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 9). Stoma iletkenliği değerleri aşılı konuda I_{25} , I_{50} , I_{75} , I_{100} ve I_{125} sulama düzeylerinde ortalama olarak sırasıyla 42, 45.4, 114.8, 118, 101,9 $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$, aşısız konuda aynı sırayla 48.3, 90.2, 143.4, 164.5, 187.5 $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Ortalama değerler açısından aşılı konudaki I_{25} , I_{50} sulama düzeyleri ile I_{75} ve I_{100} sulama düzeyleri yaklaşık değerler almıştır. Aşısız uygulamada ise I_{75} , I_{100} ve I_{125} sulama düzeyleri arasındaki fark yaklaşık olarak eşit düzeyde bulunmuştur. Sulama suyu miktarı arttıkça stoma iletkenliğinin arttığı belirlenmiştir.

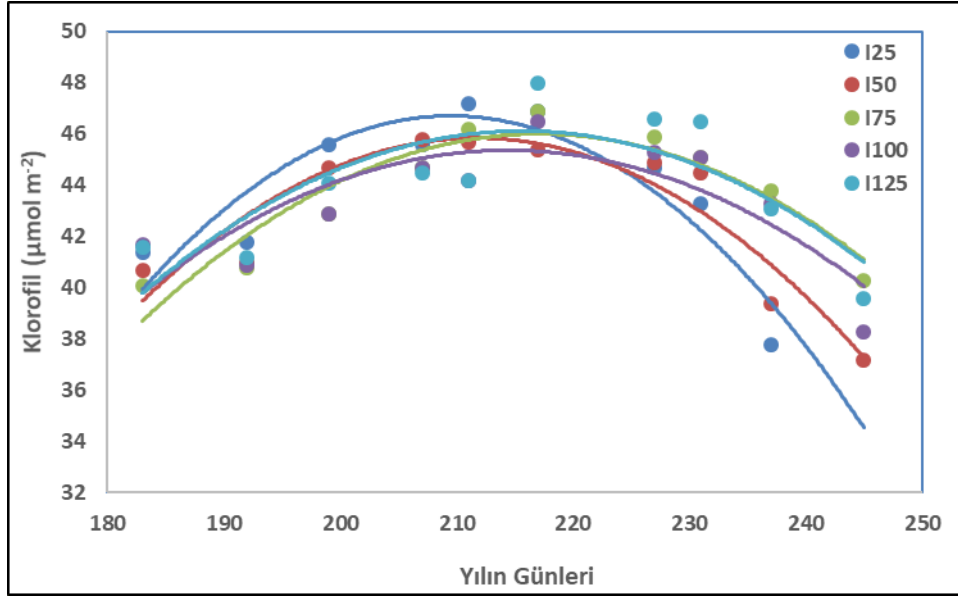
Stoma iletkenliğinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde parabolik ilişkiler görülmüştür (Şekil 6). Stoma iletkenliği tüm sulama düzeylerinde önce artmış daha sonra azalmıştır. Azalma hızı özellikle su stresinin

yoğun olduğu sulama düzeylerinde daha yüksek olmuştur. Stres sonucu meydana gelen yaprak yaşlanmasının bu duruma neden olabildiği, tuzluluk gibi diğer stres faktörlerinde de yapraklarda hızlı yaşlanma ve kuruma belirtileri görüldüğü belirtilmiştir. Ortalama olarak en yüksek stoma iletkenliği değerleri I_{25} 'de 192. günde, I_{50} 'de 199. günde, I_{75} 'de 209. günde, I_{100} ve I_{125} 'de 216. günlerde ölçülmüş ve bu günlerden sonra azalma eğilimi başlamıştır. Görüldüğü gibi, stoma iletkenliğinin maksimum değerleri su stresi arttıkça daha erken, su stresi azaldıkça daha geç tarihlerde ölçülmüştür.

Sulama suyu miktarının klorofil içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Klorofil içeriği aşılı konuda ortalama olarak I_{25} , I_{50} , I_{75} , I_{100} ve I_{125} sulama düzeylerinde sırasıyla 43.9, 43.2, 43.6, 43.7, 44.4 olarak, aşısız konuda ise 43.7, 42.4, 44.2, 43.1, 43.8 $\mu\text{mol m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Klorofil içeriğinin zamana bağlı regresyon analizleri incelendiğinde, ölçümlerin başladığı 2 Temmuz 2013 tarihinden (39. gün) itibaren tüm sulama düzeylerinde yükselme görülmüştür (Şekil 7). En yüksek klorofil değerleri I_{25} 'de 210. günde, I_{50} 'de 212. günde, I_{75} , I_{100} ve I_{125} sulama düzeylerinde 216. günde ölçülmüştür. Söz konusu günler soyanın tam çiçeklenme döneminden (R2) bakla oluşumu başlangıcına (R3) geçiş ve bakla oluşumu başlangıcı dönemine denk gelmektedir.



Şekil 6. Deneme konularına ilişkin stoma iletkenliğinin değerlerinin günlere bağlı değişimi



Şekil 7. Deneme konularına ilişkin klorofil değerlerinin günlere bağlı değişimi

Bitki Su Tüketimi-Verim İlişkileri

Bitki su tüketimi aşı uygulamasına göre değişmekle birlikte dane verimi (aşılı $p < 0.05$ ve aşısız $p < 0.01$), çiçek sayısı (aşılı $p < 0.05$), kuru madde miktarları (aşısız $p < 0.01$), 1000 dane ağırlığı (aşısız $p < 0.05$), özelliklerine istatistiksel olarak önemli etkide bulunmuştur. Bitkideki bakla sayısı, yağ oranı, protein oranı bitki su tüketiminden etkilenmemiştir.

Bitki su tüketimindeki her birim artış dane veriminde 0.42 kg da^{-1} (aşılı) ve 0.66 kg da^{-1} (aşısız) artışa, çiçek sayısında 47 adet da^{-1} azalışa, kuru madde miktarında 0.587 kg da^{-1} (aşısız) artışa, 1000 dane ağırlığında 0.116 kg da^{-1} artışa neden olmuştur. Su tüketimi arttıkça çiçek sayısının azalması kısıtlı su uygulamalarında su stresi nedeniyle çiçeklenmenin ve çiçek dökümünün erken başlamasından kaynaklanmıştır.

Klorofil değerleri bitki su tüketimindeki farklılıklardan etkilenmemiştir ($p > 0.05$). Stoma iletkenliği ile bitki su tüketimi arasındaki ilişki aşısız konuda $p < 0.05$ düzeyinde önemli olurken, aşılı konulardaki ilişki önemli bulunmamıştır. Bitki su tüketimindeki her birim artış aşılı ve aşısız konularda $0.136 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ve $0.312 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ stoma iletkenliği artışına neden olmuştur.

Tarımsal üretimde en önemli konulardan biri bitkinin büyüme ve gelişme aşamasında yapılan uygulamaların verime hangi oranda etki ettiğinin belirlenmesidir. Bilindiği gibi, ürün miktarının artırılmasında en önemli girdi sulama suyudur. Tarım mevcut su kaynaklarının %75'ini kullanmakta ve sadece sulama tek başına %40'a varan verim artışına nede olmaktadır. Bu durum su kaynaklarının planlanmasında her bitkinin farklı iklim alanlarında kullandığı su miktarının belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Amik Ovasında yürütülen bu

araştırmada bölgede yaygın olarak yetiştirilen soya bitkisinin sulama suyu ihtiyacı 807 ile 201 mm arasında değişirken bu miktar diğer bölgelerde 1094 mm ye kadar yükselmektedir (Çömlekçioğlu ve Şimşek 2011). Anılan durum Bitki su tüketiminde de benzerlik göstermektedir. Literatürler irdelendiğinde su tüketimi diğer bölgelerdeki sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Ancak aynı bölgede Güler 1990 tarafından yapılan araştırmada Et değeri mm olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda bulduğumuz su tüketimi anılan çalışmada bulunan değerlerin yaklaşık iki katıdır. Yaklaşık 20 yıllık sürede su tüketiminin neredeyse iki katına çıkması, su kaynaklarının planlanmasını zorunlu hale getirmektedir. Amik Ovası için diğer bitki gruplarında da yaklaşık oranlarda sulama suyu gereksiniminin artması bölgedeki tarımsal sulamalar için ek su depolama alanlarına ihtiyacı artırmaktadır.

Soya geleneksel olarak her yıl aşılanarak ekimi yapılan bir bitkidir. Aşılama ile toprakta kalan bakteriler bir sonraki yılda bitkinin ihtiyaç duyduğu oranda toprakta kalıp kalmadığı, kalıyorsa bu miktarın verime hangi oranda yansıdığı bu çalışmanın iki amacından biridir. Yapılan değerlendirmede aşılamanın bitki su tüketiminde suyun topraktaki miktarına göre etkide bulunduğu belirlenmiştir. I_{25} ve I_{50} sulama düzeylerinde aşılamanın su tüketimini azalttığı buna karşın verimde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça Aşısız konu lehine yüksek çıkan su tüketimlerinin I_{25} sulama düzeyinde aşısız konulardaki su tüketimleri ile yaklaşık aynı düzeye geldiği görülmüştür. Verim değerlerinde ise I_{75} sulama düzeyine kadar aşılı konudaki verimlerin aşısız konuya göre daha yüksek çıktığı I_{100} ve I_{125} sulama düzeylerinde verim değerlerinin ise Aşısız

konularda daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bu durum verim açısından aşılamadaki bakteri çalışmasının toprak neminin mevcut durumu ile dinamik olarak ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer ilişkiler su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanma etkinliklerinde görülmüştür.

Sonuç olarak, soya bitkisinin sulama suyu gereksinimi ve su tüketim değerleri yaygın yetiştirilen diğer alanlardaki su tüketimlerine göre daha düşük seviyede gerçekleşmekle birlikte önceki çalışmalarda bulgular ile kıyaslandığında su kullanım miktarının önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Soya bitkisinin her yıl aşılı olarak ekilip ekilmemesi konusunda ise su kaynağının yeterli olmadığı alanlarda aşılamanın verim üzerine etkili olduğu, su kaynağının yeterli olduğu alanlarda ise hem aşılamanın hemde aşılamanın verimde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir.

ÖZET

Amaç: Araştırma, Doğu Akdeniz iklim koşullarında, soya bitkisinin (Bravo çeşidi) verim (dane verimi), verim parametreleri (1000 dane ağırlığı, kuru madde miktarı), vegetatif (bitki boyu, yaprak alan indeksi) ve fizyolojik özelliklerinin (stoma iletkenliği, klorofil içeriği) farklı su düzeylerine tepkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Yöntemler ve Bulgular: Denemede 5 farklı sulama düzeyi (elverişli kapasitenin %25 (I₂₅), %50(I₅₀), %75(I₇₅), %100(I₁₀₀) ve %125(I₁₂₅))'i esas alınmıştır. Sulamalar haftalık olarak planlanmış ve damla sulama yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, uygulanan sulama suyu miktarları 201.54-807.1 mm, bitki su tüketimleri 251.53 mm ile 781.71 mm, su kullanma randımanları ise 0.59-0.93 kg da-mm⁻¹ arasında değişmiştir. Dane verimleri I₂₅, I₅₀, I₇₅, I₁₀₀ ve I₁₂₅ sulama düzeylerinde aşılı uygulamalarda sırasıyla 218.90, 328.07, 431.80, 449.33 ve 468.27 kg da⁻¹, aşısız uygulamalarda 198.56, 295.80, 409.10, 473.03 ve 518.73 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Bitki su verim fonksiyonu (Ky) 0.63 ve 0.90 olarak hesaplanmıştır.

Genel Yorum: Sulama düzeyleri tane verimi, 1000 dane ağırlığı, yağ oranı, protein oranı, çiçeklenme ve hasat dönemindeki kuru madde miktarlarını etkilerken, çiçeklenme dönemindeki bakla ve çiçek sayısına etkisi görülmemiştir. Klorofil içeriği ve stoma iletkenliği sulama mevsiminin sonuna doğru tüm uygulamalarda azalma eğilimi göstermiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Amik Ovasında daha önce ayrıntılı Soyanın su verim ilişkileri üzerine bir çalışma yapılmamıştır. Bu araştırma Amik Ovasında soya

bitkisinin sulama suyu gereksinimi ve bitki su tüketiminin ortaya çıkarılmasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Soya, kısıtlı sulama, aşılama, stoma iletkenliği, klorofil içeriği.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma bir yüksekisans çalışması olup, Mustafa Kemal Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri koordinasyon birimi tarafından 10123 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Aruna R, Velu G, Rajagopal A (1995) Impact of irrigation and management practices on physiology of water relation and productivity in soybean. Madras Agri. J. 82(5): 333-337.
- Board JE., Modali H (2005) Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. Published in Crop Sci. 45:1790–1799.
- Candoğan BN (2009) Soya fasulyesinin su-verim ilişkileri. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Cox WJ, Jolliff GD (1986) Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agron. J. 78, 226–230.
- Çırak C (2005) Soyada bitki gelişim dönemleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):57-65, Samsun.
- Çömlekçioğlu N, Şimşek M (2011) Effects of deficit irrigation on yield and yield components of vegetable soybean [*Glycine max* L. (Merr.)] in semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology Vol. 10(33). pp. 6227-6234. 6 July.
- Doğan K, Gök M, Arıoğlu H (2008) Bakteriyel Aşılama ve Demir Uygulamalarının 2. Ürün Yarfıstığı Bitkisinde Biyomas, Dane Verimi ve Azot İçeriklerine Etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt:13, sayı: 1-2. S. 53-64.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) Yield response to water. FAO, 33. Rome.
- English M (1990) Deficit irrigation. I. Analytical framework. J. Irrig. Drain E. ASCE 116, 399–412.
- FAO (1979) Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33.

- Fereres E, Soriano MA (2007) Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on 'Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress' J. Exp. Bot. 58, 147–159.
- Foroud N, Mundel HH, Saindon G, Entz T (1993) Effect of level And timing of moisture stress on soybean yield components. Irriga. Sci. 13, 149–155.
- Güler F, (1990) Amik Ovası koşullarında ikinci ürün soya fasülyesinin su tüketimi ve su-verim ilişkilerinin saptanması üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Kültürteknik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü Yayınları 2, Ankara, 93 s.
- James LG (1988) Principle of farm irrigation system design. Wiley, pp 1-40, New York.
- Kanamasu HT (1979) Irrigation water requirements and water stres, irrigated soybean production in arid and semi-arid regions. Proc. of a Conf. Held in Cairo, Egypt.
- Karam F, Masaad R, Sfeir T, Mounzer O, Roupheal Y (2005) Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agric. Water Manage., 75, 226–244.
- Mounts TL, Wolf WS, Martinez WH (1987) Processing and iodization. in soybean: Improvement production, and uses, Second Edition, USA.
- Oturanç MS (2008) Konya İli Tarımsal Kuraklık Eylem Planı. [http://www.wwf.org.tr/Fileadmin/Files/Konya II Tarim Mu](http://www.wwf.org.tr/Fileadmin/Files/Konya_II_Tarim_Mu) Eduerluegue Kuraklik Sunusu.Pdf.
- Öner T (2006) Soya Sektör Raporu. İstatistik Şubesi, 48 s.
- Pereira LS, Oweis T, Zairi A (2002) Irrigation management under water scarcity. Agr. Water Manage. 57, 175–206.
- Salassi ME, Musick JA, Heatherly LG, Hamill JG (1984) An economic analysis of soybean yield response to irrigation of Mississippi River Delta soils. Mississippi Agric. 60, 928–935.
- Sincik M., Candogan BN, Demirtas C, Buyukcangaz H, Yazgan S, Goksoy AT (2008) Deficit irrigation of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in a sub-humid climate. Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Uludag University, Bursa, Turkey J. Agronomy & Crop Science ISSN 0931-2250
- Singh G (2010) The soybean, Botany, Production and Uses, ISBN-13:978 1 84593 644 0. Wallingford, UK.
- Stewart JI, Hagan RM, Pruitt WO (1976) Production functions and predicted irrigation programs for principal crops as required for water resources planning and increased water use efficiency. Tech. Bureau Recl. No: 14-06-D. 7329, USA, p. 80.
- Sweeney WD, Long JH, Kirkham MB (2003) A Single irrigation to improve early maturing soybean yield and quality. Soil Sci. Soc. Am. J., VOL. 67:235–240, January-February.
- Tülücü K (2003) Özel bitkilerin sulanması. Çukuruva Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Adana.
- Ünlü M, Kanber R, Kapur B (2010) Comparison of soybean evapotranspirations measured by weighing lysimeter and Bowen ratio-energy balance methods. African Journal of Biotechnology Vol. 9(30), pp. 4700-4713, 26 July.
- Vearela BD (1998) Deficit irrigation during the reproductive stages of soybean (*Glycine max*. (L.) Merrill). Philippines Uni. Los Banos, College Laguna, 1998, Vol 97.
- Wang P, Isoda A (1995) Growth and adaptation of soybean cultivars under water stress conditions. Jpn. J. Crop Sci. 64(4) :777-783.



The effect of calcium (Ca⁺²) applications on R/S values in tomato and pepper rhizosfer soils

Domates ve biber rizosfer topraklarında kalsiyum (Ca) uygulamalarının R/S değerlerine etkisi

Kemal DOĞAN¹, Sefer BOZKURT², Necat AGCA¹

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science & Plant Nutrient, Antakya-Hatay, Turkey.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Rhizosfer, microbial activity, Ca⁺² applications, tomato, pepper.

Corresponding author: Kemal DOĞAN

✉: kdogan@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The aim of this study was to determine some microbial activity of the tomato and pepper plant rhizosfer soils under different doses of Calcium (Ca⁺²) applications. Pepper and tomato plants could be adversely affected by drought and water stress have an important place in Hatay agriculture especially greenhouse plant production. Rhizosphere (R) and out of the rhizosphere soil (S) were used for the research that carried out under greenhouse conditions.

Methods and Results: In order to determine the effects of Ca applications in conditions to pepper and tomato production on soil microbial activities, soil respiration (CO₂ produce), dehydrogenase enzyme activity (DHA) and microbial biomass carbon (MBC) content some biological analyzes were performed. In addition, root biomass weights (g plant⁻¹), pH (1:5) and EC (μS cm⁻¹) analyzes were performed and R/S values were calculated for both plants. Results of CO₂, DHA and MBC values in rhizosphere soils (R) for pepper and tomato were determined as 71.98-68.74 μg CO₂-C.gkt⁻¹, 12.84-12.48 μg TPF.10 gkt⁻¹, 53.00-39.24 μg.gkt⁻¹ and the average S values of the the soils were determined as 58.64-59.54 μg CO₂-C.gkt⁻¹, 1.55-1.57 μg TPF.10 gkt⁻¹, 25.43-25.94 μg.gkt⁻¹, respectively. R/S values calculated according to these results were 1.23-1.17 CO₂, 8.19-8.06 DHA and 2.09-1.52 MBC for pepper and tomato, respectively.

Conclusions: Increasing doses of Ca applications resulted in reductions in CO₂, DHA values for pepper and tomato, while increasing MBC values. Root weight values showed increases with increasing doses of Ca for both plants. While the pH values were not significantly affected by the applications, EC values differed significantly for pepper and tomato plants.

Significance and Impact of the Study: Ca applications may be the solution to solve the yield and quality problems caused by some physiological diseases seen in tomatoes and peppers which have an important place in Antakya greenhouse conditions. The main cause of rotten flower rot in the fruit is the lack of calcium in the soil or the lack of existing calcium due to many factors. As calcium (Ca) cannot be taken into the fruit, the cells and tissues in the flower nose of the fruit die, a collapsed and submerged area is formed and then this area is enlarged. In this research, the effects of Ca on tomato and pepper plant rot against rhinosphere in microsal activities in greenhouse conditions were determined.

Atf / Citation: Dogan K, Bozkurt S, Agca N (2019) The effect of calcium (Ca⁺²) applications on R/S values in tomato and pepper rhizosfer soils. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :290-300

GİRİŞ

Artan dünya nüfusunu besleme kaygılarıyla başvuru alan yoğunlaştırılmış tarımsal uygulama yöntemlerinden biri olan örtü altı yetiştiriciliği ile hem birim alandan daha fazla verim alınmakta hem de her mevsim, her ürünün elde edilmesi sağlanmıştır. Dolayısıyla sera topraklarında, tarla tarımından daha fazla girdi ve kayıplar oluşmaya başlanmıştır. Doğal dengenin çok üzerinde oluşan bu girdi ve kayıplar sera topraklarının mikrobiyal aktiviteleri gibi doğal potansiyellerinin de olumsuz yönde etkilenmesine neden olmuştur. Bununla beraber Ca gibi bazı elementlerin topraktan alımını kısıtlayıcı şartların da oluşması, sera koşullarında Ca uygulamalarının artmasına neden olmuştur. Kalsiyum bitki bünyesine toprak çözeltisi ile temas halinde olan kök tüylerinin epidermal hücre duvarlarında Ca^{2+} geçirebilen iyon kanalları vasıtasıyla Ca^{2+} formunda doğrudan alınır ve ksilem iletim demetlerine taşınır. Kalsiyum, genellikle endodermis hücreleri henüz mantarlaşmamış genç kök uçları tarafından alınmakta ve iyi bir kök gelişiminin bitkinin Ca beslenmesi üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir. İyi gelişmiş bir kök ve kök ucundaki kök tüyleri, kökün absorpsiyon yüzey alanını oldukça genişletmekte olup, başta Ca olmak üzere besin elementlerinin alımında önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Kacar ve Katkat, 2007; Budak ve Erdal, 2016).

Bitki dokularındaki kalsiyumun (Ca) büyük bir bölümü, hücre duvarlarında yer alır. Pektatlar şeklinde bulunan Ca hücre duvarlarının ve bitki dokularının güçlenmesinde temel görev üstlenmiştir. Kalsiyum noksanlığında bitki dokularında biriken poligalakturonaz Ca-pektatların parçalanmalarına neden olur Bunun sonucu olarak hücre duvarları parçalanır, dokular etkilenir. Bu olgunun belirtileri özellikle yaprak ayalarında ve gövdenin üst kısımlarında görülür. Hücre duvarlarında yer alan Ca pektatlar bitki dokularını ve meyveleri mantar ve bakteri enfeksiyonlarına karşı da korurlar. Belirtilen işlevleri yanında daha birçok işlevi bulunan Ca, meyve oluşumu, gelişimi ve kalitesi üzerinde de önemli işlevler üstlenmektedir (Konno ve ark., 1984; Kacar ve Katkat, 2007; Budak ve Erdal, 2016).

Hatay seracılık açısından gelişmekte olup, Türkiye’de üretilen sebze ve meyvenin %25’ini üretmektedir. Hatay’da başta Samandağ olmak üzere, Antakya, İskenderun, Arsuz, Reyhanlı, Kırıkhan, Hassa ve Yayaladağı ilçeleri ile çevre köylerinde seracılık yapılmaktadır (Anonim, 2018). Türkiye’de toplam sera alanı 649.118 da olup Hatay’da bu alan 10.487 da alanla, Türkiye toplam seracılık alanının %1.6’sına sahip ve 8. Sıradadır (İlbay ve ark., 2015). 2014 TÜİK verilerine göre,

Hatay’da en fazla üretimi yapılan sebze çeşitleri ile Türkiye genelindeki veriler benzerlik göstermektedir. Hatay sera alanlarında yetiştirilen sebze ve meyveler genel olarak, biber (sivri ve dolmalık), domates, fasulye, hıyar, kabak (sakız), karpuz, kavun, patlıcandan olup, sivri biber 1.333 da, domates ise 2.702 da alandan oluşmaktadır. Ülkemiz seralarında yetiştirilen bitkilerden sebzeler % 95 üretim payına sahiptir. Domates %51.9 üretim payı ile ilk sırada yer almaktadır (TÜİK, 2014).

Rizosfer bölgesi (R), bitki köklerinin doğrudan temas halinde olduğu ve kökleri çepeçevre saran birkaç mm’lik kök etki alanıdır. Bu bölgede özellikle mikroorganizmalar ile bitki kökleri doğrudan temas halinde olup, mikrobiyal koloni sayısı ve biyolojik aktivite daha yüksek düzeydedir (Karaman, 2012; Vega, 2007). Bitki köklerinin etkisi altında kalan rizosfer toprakları, bitki türleri ve toprak yönetim sistemlerinden önemli derecede etkilenebilmektedir (Doğan ve ark., 2011). Rizosfer bölgesi (R) topraklarının mikroorganizma yoğunluğu, rizosfer etkisi dışındaki (S) topraklardan daha fazladır. Özellikle bakteri yoğunluğu, mantar ve aktinomisetlerden daha fazladır. R bölgesindeki mikrobiyal yoğunluk, kök salgılarının miktarına, bitki türüne, yaşına ve beslenme durumuna göre değişimler gösterebilmektedir. Örneğin şekerler ve organik asitler ile ölü hücreler, kılcal köklere ve kök kabuklarına bağlıdır. Fosfatlı bileşikler değişime uğratan rizosfer organizmaları, N^2 fikse eden bakteriler ve mykorrhizaların rizosfer aktiviteleri mutualistik olarak, zorunlu faydalanma ilişkileri ile bitki ve organizma arasında yürümektedir. Rizosfer faaliyetleri, besin maddeleri dinamiği, kök salgıları yanında pH değerinin değişmesinden önemli derecede etkilenir. R bölgesindeki pH değeri S bölgesinden 1-2 derece daha düşük olabilir. Bu değişim, Fe^{+3} , Mn^{+2} ve Zn^{+2} gibi mikrobeyin elementlerinin alınabilirliğini artırır (Özbek ve ark., 2007; Marschner, 2008; Karaman, 2012). Besin elementlerinin alınabilirliği yalnızca fiziksel ve kimyasal özelliklere değil, toprak biyolojik aktivitelerine de önemli derecelerde bağlıdır. Biyolojik aktiviteler sayesinde birçok makro ve mikro besin elementleri alınabilir formlara dönüşür (Haktanır ve Arcak 1997; Doğan ve ark. 2008). Yarıyıllık bitki besin element kaynakları, kısa bir süre için toprak çözeltisi ile göreceli olarak denge haline geçen kısım ile sınırlıdır ve besin maddesinin konsantrasyonuna bağlıdır; bu konsantrasyon, bitki çeşitlerinin rizosferdeki toprak çözeltisini tükettikleri andaki konsantrasyondur. Organik madde içinde bağlanmış olan besin maddeleri (değişebilir iyonlar hariç) ancak mikrobiyal parçalanmadan sonra bitkiler tarafından alınabilir duruma geçerler (Özbek ve ark., 2007). Toprağa karışan organik bileşikler mikrobiyal

aktivite ile önce fiziksel olarak ayrışır sonrasında biyokimyasal ayrışma ve dönüşüm olayları ile organik bileşiklerin yapısında bulunan makro ve mikro besin elementleri bitkiler için yararlı formlara döner. Mikroorganizmalar, bitkilere yalnızca besin elementi sağlamaz, aynı zamanda topraklar üzerindeki düzenleyici etkileriyle de faydalar sağlarlar. Mantarların hifleri ve bakterilerin salgıları sayesinde toprak strüktürü gelişir ve fiziksel özellikler düzelir (Korkmaz ve Saltalı, 2012). R bölgesine bitki kökleri tarafından bırakılan salgılar, yalnız biyolojik aktivite ve kök etki alanındaki reaksiyonları etkilemez aynı zamanda köklerin toprak içerisindeki hareketlerini de kolaylaştırarak daha rahat ilerlemelerini sağlar. Özellikle tohumdan henüz çıkmış kökçükler için bu durum çok önemlidir. Bu salgılar sayesinde bu kökçüklerin toprak içerisindeki gelişimi de kolaylaşır (Karaman, 2012).

Toprak ekolojisi dinamik bir sistem olup canlı ve cansızların birbirleriyle etkileşim halinde olduğu bir sistemdir. Rizosfer bölgesinde oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar, zincirleme reaksiyonlar gibi birbiriyle etkileşim halindedir. Toprak, bitki ve su ilişkilerinin yoğun olarak yaşandığı yer rizosfer bölgesidir. Rizosfer topraklarında, mikroorganizmaların da etkisi ile daha iyi oluşan toprak strüktürü, toprağın su, havalanma ve ısı rejimini düzenlediği ve etkilediği için toprak mahsüdarlığı için büyük önemi vardır (Yeşilsoy, 2002). Sebze bitkilerinden domates, biber, patlıcan (Solanaceae), karpuz ve kavunun (Cucurbitaceae)

meyvelerinde fizyolojik bir hastalık olan çiçek burnu çürüklüğü sorunu yaygın olarak görülmektedir. Meyvedeki çiçek burnu çürüklüğünün ana nedeni, toprakta kalsiyum eksikliği veya mevcut kalsiyumun birçok etmenin etkisiyle topraktan alınamamasıdır. Meyveye kalsiyumun (Ca) alınamaması sonucunda meyvenin çiçek burnundaki hücre ve dokular ölmekte, çökük ve batık bir alan oluşmakta ve daha sonra bu alan genişlemektedir. Yapılan bu araştırma ile sera koşullarında, domates ve biber bitkisinde, çiçek burnu çürüklüğüne karşı uygulanan Ca'un, rizosfer bölgesi topraklarında mikrobiyal aktivitelere etkileri belirlenmi

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, Mart 2018 ve Şubat 2019 tarihleri arasında, M.K.Ü. Tayfur Sökmen Kampüsü Ziraat Fakültesi seralar bölgesinde kurulu olan plastik serada yürütülmüştür. Araştırma serasının konumu, denizden 134 m yükseklikte, 36° 19' kuzey ve 35° 11' doğu enlem ve boylamlarındadır.

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü yörede, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Araştırma alanının uzun yıllar (1950–2015) bazı iklim verileri aşağıdaki Çizelge 1'de sunulmuştur (Anonim, 2016). Araştırma süresince sera içi ve dışında benzer iklim verileri gözlenmiş ve Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı uzun yıllar (1950-2015) iklim verileri

Parametre	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _{ort} (°C)	8.2	9.9	13.2	17.2	21.2	24.8	27.2	27.8	25.6	20.7	14.2	9.6
T _{mak} (°C)	12.1	14.4	18.3	22.6	26.4	29.2	31.1	32.0	31.0	27.4	20.2	13.7
T _{min} (°C)	4.7	5.7	8.5	12.3	16.3	20.8	23.9	24.6	21.2	15.3	9.4	6.0
Yağış(mm)	184.7	170.4	146.9	111.2	81.5	22.8	7.7	4.8	39.2	74.5	103.5	181.7

Araştırma serası, 45 m x 24 m boyutlarında 7 bloklu, 1080 m² taban alanına sahiptir. Sera oluk altı yüksekliği 2.8 m ve çatı (mahya) yüksekliği 4.0 m'dir. Isıtma sistemi olarak 200,000 kCal h⁻¹ kapasiteli brülör (sıcak hava) sistemi mevcuttur. Seranın çatısı, UV+IR+Light diffusion katkılı, 180 µm kalınlığında P.E. plastik örtü ile yanları ise 8 mm kalınlığında çift katlı polikarbon örtü materyali ile kaplıdır. Deneme öncesi bazı toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Serada kampüs su deposundan alınan yeraltı suyu kullanılmıştır. Su, pompa yardımıyla alınarak damla sulama sistemiyle seraya dağıtılmıştır. İlaçlamalarda 100 l kapasiteli pülverizatörden yararlanılmış ve

fertigasyonda by-pass tank sistemi kullanılmıştır. İçitimi hızının kontrolü gübre tankı çıkışındaki vana yardımıyla yapılmıştır. Deneme bitkisi olarak, denemenin kurulacağı Akdeniz bölgesi-Hatay ilinde örtüaltı yetiştiriciliği için yaygın üretilen Solanaceae familyasına ait biber (*Capsicum annum*)' in yerel bir acı çeşit olan "samandağ biberi" kullanılmıştır.

Deneme bitkisi olarak, denemenin kurulacağı Akdeniz bölgesi-Hatay ilinde örtüaltı yetiştiriciliği için tavsiye edilen ve yörede tercih edilen domates (Solanaceae familyası-Lycopersicon esculentum) sebzesine ait Grando F1 domates çeşidi kullanılmıştır. Grando F1 320-340 g ağırlığında, koyu kırmızı, iri (beef) meyveli ve

erkenci bir domates çeşidi olup plastik ve cam örtülü seralarda yetiştiricilik için uygun bir çeşittir.

Çizelge 2. Deneme öncesi toprak özellikleri (0-30 cm)

pH	7.48
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	760.5
Bünye sınıfı	Killi-tınlı
Fosfor (kg da^{-1})	16.16
Potasyum (kg da^{-1})	65.88
Kalsiyum (ppm)	3825
Sodyum (ppm)	380.5
Magnezyum (ppm)	750
Organik madde (%)	0.76
Kireç (%)	2.12

Araştırma sera şartlarında kontrollü ortamda, bahar yetiştiricilik sezonunda tek yıllık olarak yürütülmüş ve kalsiyum (Ca) gübre dozları ise aşağıda belirtildiği şekilde hazırlanmıştır.

Kalsiyum (Ca) dozları:

Ca₀: 0 kg da^{-1} Ca uygulaması

Ca₁₀: 10 kg da^{-1} Ca uygulaması

Ca₂₀: 20 kg da^{-1} Ca uygulaması

Ca₃₀: 30 kg da^{-1} Ca uygulaması

Parseller 4.0 m x 1.5 m boyutlarında 6 m² taban alanına sahiptir. Her parselde bitkiler 50 cm x 60 cm mesafelerde bir seddeye çift sıra olarak dikilmiştir. Seddeler arasında 100 cm boşluk bırakılmış, sedde başlarında ise tesir bitkileri bırakılarak, gözlemler ortadaki bitkilerde yapılmıştır.

Yetiştiricilikte erkenciliği sağlamak için fide ile üretim yapılmıştır. Bitkiler ilk gelişim aşamasında çatı kirişlerindeki askı tellerine bağlı iplere sardırılmış, daha sonra her parsel içinde destek telleri çekilerek bitkilerin yan yatmaları engellenerek, dik yetişmeleri sağlanmıştır. Biber fidelerinin dikiminden önce bütün parsellere organik gübre ve taban gübresi eşit olarak verilmiştir. Denemede Kaygısız (2000)'in önerdiği Çizelge 3'de verilen tek bir gübreleme programı uygulanmıştır. Bu makro elementlere ilaveten ilgili parsellere farklı Ca dozları uygulanmıştır.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan gübreleme programı

Uygulama şekli	Gübre çeşidi		
	Azot (N)	Fosfor (P)	Potasyum (K)
Taban gübresi (kg)	4.0-4.5	7.4-7.6	8.0-8.5
Üst gübre (kg)	18.0-19.0	2.0-2.5	24.0-25.0
Toplam miktar (kg)	22.8	9.6	33.2
Üst Gübrelemenin Dağılımı			
a) Dikimden çiçeklenme periyoduna kadar (50 gün)	5.5-5.7	1.0-1.5	6.5-7.0
b) Meyve dönemi içinde (25 gün)	3.4-3.5	1.0-1.5	4.5-4.7
c) İlk hasada kadar (30 gün)	4.4-4.6	-	3.5-4.0
d) Hasad devamınca	5.2-5.7	-	9.7-10.0

Azot kaynağı olarak amonyum sülfat ve üre amonyum sülfat, fosfor kaynağı olarak mono potasyum fosfat (MKP) gübresi, potasyum kaynağı olarak potasyum sülfat gübresi ve kalsiyum kaynağı olarak kalsiyum nitrat

gübreleri kullanılmıştır. Araştırma boyunca sera dışı aylık ortalama iklim verileri Çizelge 4'te verilmiştir. Deneme süresince sera içi aylık ortalama iklim verileri ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Araştırma süresince sera dışı aylık ortalama iklim değerleri

Aylar	T _{mak} (°C)	T _{min} (°C)	T _{ort} (°C)	RH (%)	Yağış (mm)
Şubat	15.5	2.5	8.7	54.6	0.1
Mart	20.7	8.0	13.8	70.9	15.7
Nisan	25.8	11.0	17.8	72.2	46.0
Mayıs	28.3	15.6	21.5	73.2	134.5
Haziran	30.9	20.2	25.1	76.9	2.5

T: sıcaklık, R:Yağış.

Çizelge 5. Deneme süresince sera iç ortamında belirlenen aylık ortalama iklim değerleri

Aylar	T _{mak} (°C)	T _{min} (°C)	T _{ort} (°C)	RH (%)
Şubat	-	-	-	-
Mart	30.0	10.6	23.1	55.0
Nisan	28.0	12.9	23.9	60.0
Mayıs	28.5	15.7	25.2	63.0
Haziran	32.5	19.4	29.9	60.6

CO₂ üretimi ($\mu\text{g CO}_2\text{-C kt. gün}^{-1}$), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA; $\mu\text{g TPF g.kt.}$) ve mikrobiyal biyomas karbon içeriği ($\mu\text{g MBC gkt}$) analizleri sırasıyla Isermayer (1952), Thalman (1967) ve Öhlinger (1993)'e göre yapılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulmuştur. Bek (1983)'e göre Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma bitkilerinin rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinin, CO₂ üretimi, DHA ve MBC gibi mikrobiyal sonuçları ile pH, EC ve bitki kök ağırlığı değerleri, aşağıda ilgili başlıklar halinde verilmiştir.

Toprak Solunumu (CO₂ Üretimi) Sonuçları

Biber ve domates bitkisinin rizosfer faaliyetleri ile Ca uygulamalarının, CO₂ üretimine ve R/S değerlerine etkileri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Biber ve domates bitkisinde Ca uygulamalarının CO₂ üretimi ve R/S değerlerine etkileri

	$\mu\text{g CO}_2\text{-C g kt}^{-1}$	R	S	R/S		
Biber	Ca ₀	84.4	A	61.6	1.38	A
	Ca ₁₀	67.8	AB	57.7	1.19	A
	Ca ₂₀	57.3	B	55.3	1.03	A
	Ca ₃₀	78.5	A	60.0	1.31	A
	Biber ortalama	72.0	A	58.6	1.23	A
Domates	Ca ₀	67.3	AB	59.4	1.14	A
	Ca ₁₀	74.2	AB	59.3	1.26	A
	Ca ₂₀	66.8	AB	57.4	1.19	A
	Ca ₃₀	66.7	AB	62.1	1.08	A
	Domates ortalama	68.7	A	59.5	1.17	A
Ca uygulamalarının etkisi	Ca ₀	75.8	A	60.5	1.25	A
	Ca ₁₀	71.0	AB	58.5	1.21	A
	Ca ₂₀	62.0	B	56.3	1.10	A
	Ca ₃₀	72.6	AB	61.0	1.19	A

Genel ortalama sonuçlarına göre, R topraklarında belirlenen CO₂ değeri biber ve domates için sırasıyla, 72.0 ve 68.7 $\mu\text{g CO}_2\text{-C g kt}^{-1}$ iken aynı değerler S toprakları için 58.6 ve 59.5 $\mu\text{g CO}_2\text{-C g kt}^{-1}$ ve R/S değerleri ise 1.23 ile 1.17'dir. Biber bitkisi R topraklarına ait en düşük ve en yüksek CO₂ değerleri sırasıyla, 57.3 olarak Ca₂₀'de ve 84.4 olarak Ca₀ uygulamasında tespit edilmiştir. Aynı sonuçlar domates bitkisi için, 66.7 olarak Ca₃₀'da ve 74.2 olarak Ca₁₀ uygulamasında belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre, biber bitkisi R topraklarına ait CO₂ değerleri, domates bitkisinden daha yüksek bulunmuş fakat bu farklılık istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli

bulunmamıştır. Benzer sonuçlar R/S değerleri için de geçerli olup, R topraklarında Ca uygulamalarının CO₂ değerleri üzerindeki etkiler negatif yönde önemli bulunmuştur. R/S değerleri uygulamalarla farklılıklar göstermiş olup bu farklılıklar istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmamıştır. Yapılan birçok araştırma sonuçlarına göre, bitki kök bölgesi topraklarının mikrobiyal aktivitesinin, kök bölgesi dışında kalan S bölgesinden daha yoğun olduğu bildirilmiştir (Doğan ve ark., 2013; Samancıoğlu ve yıldırım, 2015; Haktanır ve Arcak, 1997). Bu araştırma sonuçlarına göre, toprak mikrobiyal aktivitesinin R ve S bölgesinde birbirine yakın

çıkmasının en önemli nedeni sera koşullarında kullanılan fazla mineral gübre ve kimyasal madde olabilir. Bununla beraber, sera bitkilerinin zararlılara karşı dayanıklılığını arttırmak amacıyla uygulanan Ca'da toprak CO₂ değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün artışı sağlamak amacıyla uygulanan materyaller ve yoğun işleme yöntemleri toprak mikrobiyal aktivitelerine zarar vermektedir (Doğan ve ark., 2011; Kılıç ve ark., 2013). Toprakta CO₂ oluşumu, genel olarak, organik maddenin (OM),

mikrobiyal olarak ayrışması sonucu gerçekleşmektedir. Araştırma topraklarının deneme öncesi OM içeriği % 0.76 olup, yetersiz bir düzeyde olması da CO₂ aktivitesinin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (DHA) Sonuçları

Biber ve domates bitkisinin rizosfer aktiviteleri ve Ca uygulamalarının toprakta DHA sonuçlarına etkileri Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Biber ve domates bitkisinde Ca uygulamalarının DHA'e ve R/S değerlerine etkileri

DHA $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$		R	S	R/S		
Biber	Ca ₀	14.67	C	1.44	10.16	A
	Ca ₁₀	19.87	A	1.84	10.80	A
	Ca ₂₀	7.07	D	1.56	4.53	D
	Ca ₃₀	9.77	D	1.35	7.25	CD
Biber ortalama		12.84	A	1.55	8.19	A
Domates	Ca ₀	8.84	D	1.39	6.35	CD
	Ca ₁₀	15.01	BC	1.89	7.94	BC
	Ca ₂₀	7.44	D	1.62	4.59	D
	Ca ₃₀	8.63	D	1.39	6.20	CD
Domates ortalama		9.98	B	1.57	6.27	B
Ca uygulamalarının etkisi	Ca ₀	11.76	B	1.42	8.29	A
	Ca ₁₀	17.44	A	1.87	9.35	A
	Ca ₂₀	7.25	C	1.59	4.56	C
	Ca ₃₀	9.20	B	1.37	6.72	B

Genel ortalama sonuçlarına göre, biber ve domates bitkisinin R topraklarındaki DHA değerleri sırasıyla 12.84 ve 9.98 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. S topraklarındaki aynı değerler ise 1.55 ve 1.57 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Biber ve domates R/S değerleri genel ortalama sonuçları sırasıyla 8.19 ve 6.27 olarak belirlenmiştir. Biber ve domates bitkisi R topraklarına uygulanan Ca dozları DHA değerlerini istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) derecede değiştirmiştir. Ca uygulamaları ile değişen en düşük ve en yüksek DHA değerleri sırasıyla 7.25 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak Ca₂₀'de ve 17.44 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak Ca₁₀ uygulamasında belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre, en yüksek R/S sonuçları biber bitkisi için Ca₀ ve Ca₁₀ uygulamalarında, 10.16 ve 10.80 olarak belirlenirken en düşük değerler Ca₂₀ ve Ca₃₀ uygulamalarında 4.53 ve 7.25 olarak belirlenmiştir. Aynı sonuçlar domates bitkisi için dalgalı sonuçlar vermiş olup en düşük değer 4.59 olarak Ca₂₀ uygulamasında, en yüksek sonuç ise 7.94 olarak Ca₁₀ uygulamasında belirlenmiştir. DHA değerleri, artan Ca dozları ile azalırken, R/S değerlerinde önemli bir farklılık

oluşmamıştır. Biber bitkisine ait R topraklarında tespit edilen DHA değerleri ve R/S oranları, domatesten daha yüksek bulunmuştur. Rizosfer bölgesi topraklarının DHA sonuçları, CO₂'e göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bunun en önemli nedeni deneme topraklarının OM içeriklerinin yetersiz olmasıdır. Besin ve enerji kaynağını OM'den sağlayan mikroorganizmalar, deneme topraklarının yetersiz OM içeriği ve fazla mineral ve kimyasal kullanma nedenleriyle aktivitelerini düşürmüştür. Samancıoğlu ve Yıldırım (2015) tarafından yapılan bir derleme araştırma sonuçlarına göre, bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB) genelde bitkinin kök bölgesi yakınlarında ya da kök bölgesiyle doğrudan bağlantılı olarak kolonize olmuşlardır. Daha çok Acetobacter, Acinetobacter, Achromobacter, Aereobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Artrobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Clostridium, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Klebsiella, Micrococcus, Pseudomonas, Rhizobium, Serratia ve Xanthomonas cinslerine ait bakteri gurupları strese tolaransta etkin rol oynamaktadırlar (Çakmakçı, 2005). Bu gibi bakteri

gruplarının bitkilere farklı uygulama metotları kullanılarak uygulanması ile bitki ve bakteri arasında karşılıklı bir etkileşim oluşturmaktadır. Özellikle bitki kök bölgesinin % 7-15 gibi bir kısmını teşkil eden rizosfer bölgesinde yaşayan bakteriler (Pinton ve ark., 2001) bu bölgede salgılanan çeşitli aminoasit ve şekerleri zengin enerji ve besin kaynağı olarak kullanmakta ve bu bölgeden sızan Karbon (C) ve Azot (N) kaynaklarından faydalanmaktadır. Bitkide göstermiş oldukları bu gibi etkileşimler, bitki rizosfer bölgesinde rekabetçi bir ortam oluşturarak bitki gelişimini uyarmakta, ayrıca biyokontrol sağlayarak faydalı bir etki göstermektedir (Bhattacharyya ve Jha, 2012). Samancıoğlu ve Yıldırım (2015) tarafından bildirilen bu derleme sonuçların pozitif etkilerinin görülmesi, başta organik madde içeriği olmak üzere büyük oranda toprak özelliklerine bağlıdır. Doğal ortamlarda iyi sonuçlar veren mikrobiyal aktiviteler tarla, bahçe ve sera koşullarında azalmaktadır.

Mikrobiyal Biyomas Karbon (MBC) Sonuçları

Kalsiyum uygulama dozlarının biber ve domates bitkisi rizosfer topraklarında MBC'e etkisi Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelge genel ortalama değerlerine göre, bibere ait R topraklarının MBC içerikleri daha yüksek sonuçlar vermiştir. En düşük ve en yüksek MBC içeriği sırasıyla, 37.66 $\mu\text{g g kt}^{-1}$ olarak biber rizosfer toprakları Ca_{30} uygulamasında ve 70.50 $\mu\text{g g kt}^{-1}$ olarak aynı bitki kök bölgesinde Ca_{20} uygulamasında belirlenmiştir. Ca uygulama dozları genel olarak MBC içerikleri arasında farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel

olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Genel ortalama sonuçlarına göre R bölgesi topraklarındaki en düşük ve en yüksek MBC içerikleri sırasıyla, 40.06 $\mu\text{g g kt}^{-1}$ olarak Ca_{30} dozunda ve 59.99 $\mu\text{g g kt}^{-1}$ olarak Ca_{20} dozunda belirlenmiştir. Her iki bitki için R/S değerleri genel ortalama sonuçlarına göre, 1.48 (biber Ca_{30}) ve 2.81 (Biber Ca_{20}) değerleri arasında değişimler göstermiştir. Ca uygulamalarının R/S değerlerine etkisine göre, en düşük sonuçlar Ca_{30} uygulamasında 1.59, Ca_0 ve Ca_{10} dozlarında sırasıyla 1.80 ve 1.82 olarak bulunurken, Ca_{20} dozunda 2.35 olarak belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre, her iki bitki rizosfer aktivitesi MBC içeriklerini artırmıştır. Biber bitkisi kök bölgesi MBC içeriği değerleri, domates bitkisinden daha yüksek sonuçlar vermiştir. Ca uygulamalarından Ca_{20} , MBC içeriğini artırmış ve Ca_{30} dozu ise düşürmüştür. MBC sonuçları CO_2 sonuçları ile benzer bulunmuş ve DHA sonuçlarından daha düşük R/S değerleri vermiştir. Sera koşullarında yapılan birçok araştırma sonucuna göre, sera yetiştiriciliği tarla ve bahçe tarımına göre daha yoğun bir tarımsal uygulamadır. Mineral gübre, kimyasal ilaç, tohumluk gibi girdiler sera yetiştiriciliğinde çok daha büyük boyutlarda kullanılmaktadır. Gübre kullanımının yoğun olduğu sera yetiştiriciliğinde gerek elde edilen ürünün kalitesi, gerekse aşırı gübre tüketimine bağlı olarak yetiştirme ortamının olumsuz etkilenmesi yanında çevreye olan zararlı etkileşim ileriye dönük olarak ciddi sorunlara yol açabilecektir (Alpaslan ve ark., 2001; Doğan ve ark., 2008)

Çizelge 8. Biber ve domates bitkisinde Ca uygulamalarının MBC içeriklerine ve R/S değerlerine etkileri

MBC-C $\mu\text{g g kt}^{-1}$		R	S	R/S		
Biber	Ca_0	43.36	BC	24.41	1.80	BC
	Ca_{10}	60.49	A	26.62	2.28	B
	Ca_{20}	70.50	A	25.08	2.81	A
	Ca_{30}	37.66	C	25.61	1.48	CD
Biber ortalama		53.00	A	25.43	2.09	A
Domates	Ca_0	45.32	BC	24.95	1.03	D
	Ca_{10}	39.25	BC	28.13	1.41	CD
	Ca_{20}	49.49	B	26.05	1.91	BC
	Ca_{30}	42.46	BC	24.63	1.73	C
Domates ortalama		44.13	B	25.94	1.52	B
Ca uygulamalarının etkisi	Ca_0	44.34	C	24.68	1.80	B
	Ca_{10}	49.87	B	27.38	1.82	B
	Ca_{20}	59.99	A	25.56	2.35	A
	Ca_{30}	40.06	C	25.12	1.59	C

pH ve EC (1:5) Sonuçları

Denemede kullanılan biber ve domates bitkisinin rizosfer aktiviteleri ile Ca uygulamalarının pH ve EC değerine etkileri Çizelge 9'da verilmiştir. Genele ortalama sonuçlarına göre, pH değerleri arasında önemli farklılıklar oluşmamıştır. Bununla beraber EC değerleri, her iki bitki rizosfer aktivitelerinden ve Ca uygulamalarından önemli derecede ($p < 0.05$) etkilenmiştir. R topraklarının pH değerleri biber için, 8.49-8.66, domates için 8.15-8.66 arasında değişimler göstermiştir. S topraklarının pH değerleri ise her iki bitki için, 8.16-8.60 arasında değişimler göstermiştir. pH değerlerine ait R/S değerleri genel ortalama sonuçları, biber ve domates için sırasıyla, 1.01 ve 1.00 olarak belirlenmiştir. Rizosfer topraklarının pH'ı, rizosfer dışı S topraklarına göre 1-2 birim daha düşük olabilir. Bununla beraber bazı rizosfer topraklarında pH sonuçları S toprakları ile aynı olabilir. Bu durum rizosfer faaliyetlerinin nötr olduğu anlamına gelir. (Haktanır ve arcaç., 1997). Ender görülen bu durumun olası nedeni sera topraklarının farklı özelliklerinden ve amenajman tekniklerinden kaynaklanabilir. Bununla beraber, rizosferdeki iyonların tükenmesi sonucunda, toprağın katı fazındaki iyonların serbest hale geçişi hızlanmış ve bir denge durumu da gerçekleşmiş olabilir. Bir diğer

olasılık sera topraklarına uygulanan fazla mineral gübre ve kimyasal materyallerin dolaylı etkileridir. EC sonuçları, pH sonuçları ile benzerlik göstermiş olup genel ortalama sonuçlarına göre R topraklarında biber ve domates EC değerleri sırasıyla, 101 ve 131 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur. R/S değerleri için biber için 0.92, domates için 1.16 olarak belirlenmiştir. Bazı toprak ve mineral gübre uygulamalarının etkileri ile birlikte, biber bitkisinin rizosfer aktiviteleri toprakta EC değerlerini azaltmıştır. Domates rizosfer aktiviteleri ise EC değerini arttırmıştır. Bununla sera toprakların heterojen bir yapıda olması da sonuçları etkilemiş olabilir.

Çizelge 9 sonuçlarına göre, Ca uygulamaları pH değerlerini önemli derecede etkilemezken, EC değerleri arasında önemli ($p < 0.05$) farklılıklara neden olmuştur. Ca_0 , Ca_{10} , Ca_{20} ve Ca_{30} uygulamaları ile R topraklarında belirlenen EC değerleri sırasıyla, 100, 170, 75 ve 120 $\mu\text{S cm}^{-1}$, R/S değerleri ise 0.90, 1.54, 0.66 ve 1.05 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Ca uygulamalarının her iki bitki rizosfer aktivitelerini etkilediği ve EC değerlerinin farklılaşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Her iki bitki ortalamasına göre en yüksek EC değeri 170 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak Ca_{10} uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 9. Biber ve domates bitkisinde Ca uygulamalarının pH, EC sonuçları ve R/S değerlerine etkileri

		pH (1:5)			EC (1:5) $\mu\text{S cm}^{-1}$						
		R	S	R/S	R	S	R/S				
Biber	Ca_0	8.64	B	8.55	1.01	A	87	D	108	0.81	D
	Ca_{10}	8.63	C	8.60	1.00	A	164	AB	109	1.52	AB
	Ca_{20}	8.49	D	8.33	1.02	A	73	E	115	0.63	D
	Ca_{30}	8.66	A	8.45	1.02	A	81	DE	113	0.72	D
	Biber ortalama	8.61	A	8.48	1.01	A	101	B	111	0.92	B
Domates	Ca_0	8.35	E	8.23	1.01	A	112	C	112	1.00	C
	Ca_{10}	8.15	G	8.16	1.00	A	175	A	112	1.56	AB
	Ca_{20}	8.66	A	8.45	1.02	A	77	DE	112	0.69	D
	Ca_{30}	8.17	F	8.33	0.98	A	158	B	115	1.38	B
	Domates ortalama	8.33	B	8.30	1.00	A	131	A	113	1.16	A
Ca uyg. etkisi	Ca_0	8.50	B	8.39	1.01	A	100	C	110	0.90	C
	Ca_{10}	8.39	D	8.38	1.00	A	170	A	111	1.54	A
	Ca_{20}	8.58	A	8.39	1.02	A	75	D	114	0.66	D
	Ca_{30}	8.42	C	8.39	1.00	A	120	B	114	1.05	B

Kök Biyomas Sonuçları

Araştırma uygulamalarının kök biyomas ağırlığı sonuçlarına etkileri Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelge genel ortalama değerlerine göre, biber biyomas ağırlığı 40.5 g bitki⁻¹, domates 16.5 g bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Ca uygulamaları biber ve domates kök ağırlığı değerlerinde farklılıklar oluşturmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak da önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. En düşük ve en yüksek kök ağırlığı değerleri sırasıyla, biber için, 28.3 (Ca_0) ve 62.4 (Ca_{30}), domates için, 9.3 (Ca_0) ve

17.2 (Ca₁₀), 16.4 (Ca₃₀) olarak belirlenmiştir. Her iki bitki için Ca uygulamalarının ortalama kök ağırlığı değerleri 18.8 (Ca₀) ve 39.4 (Ca₃₀) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, biki kök ağırlığı değerlerinin, Ca dozlarının artışı ile arttığı belirlenmiştir. Biber bitkisinde belirlenen Ca ve kök biyomas ağırlığı etkisi, domates bitkisi için farklı bulunmuştur. Biber bitkisi kök ağırlığı, artan Ca dozları ile artış göstermiş fakat domateste Ca₃₀ uygulamasında beklenen artış görülmemiştir. Bunun olası nedeni bitki türünün genel özelliği ve/veya sera içi toprak yapısının heterojen olmasıdır.

Budak ve Erdal (2016) tarafından yapılan bir derleme çalışma sonuçlarına göre, kalsiyum eksikliğinin yeşil aksamda da ortaya çıkan çeşitli belirtileri olmasına rağmen, öncelikle meyve kalitesine olan etkisi dikkat çekicidir. Bunlardan domates başta olmak üzere çeşitli meyvelerde de görülen, çiçek burnu çürüklüğü, öz çürümesi, çatlama, şekil bozuklukları, raf ömrünün kısılması, depolama kalitelerinin düşmesi gibi durumlar, Ca eksikliğinde karşılaştığımız beslenme sorunlarından bazılarıdır (Marschner, 2011). Kalsiyum bitki bünyesine toprak çözeltileri ile temas halinde olan kök tüylerinin epidermal hücre duvarlarında Ca²⁺ geçirebilen iyon kanalları vasıtasıyla Ca²⁺ formunda doğrudan alınır ve ksilem iletim demetlerine taşınır (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, genellikle endodermis hücreleri henüz mantarlaşmamış genç kök uçları tarafından alınmakta ve iyi bir kök gelişiminin bitkinin Ca beslenmesi üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir. İyi gelişmiş bir kök ve kök ucundaki kök tüyleri, kökün absorpsiyon yüzey alanını oldukça genişletmekte olup, başta Ca olmak üzere besin elementlerinin alımında önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Kacar ve Katkat, 2007).

Çizelge 10. Biber ve domates bitkisinde Ca uygulamalarının kök biyomas ve R/S değerlerine etkileri

	Kök ağırlığı	g bitki ⁻¹	
Biber	Ca ₀	28.3	D
	Ca ₁₀	33.1	C
	Ca ₂₀	38.2	B
	Ca ₃₀	62.4	A
	Biber ortalama	40.5	A
Domates	Ca ₀	9.3	G
	Ca ₁₀	17.2	F
	Ca ₂₀	23.1	E
	Ca ₃₀	16.4	F
	Domates ortalama	16.5	B
Ca uygulamalarının etkisi	Ca ₀	18.8	D
	Ca ₁₀	25.1	C
	Ca ₂₀	30.7	B
	Ca ₃₀	39.4	A

Sonuç olarak, biber ve domates bitkisi kök bölgesi toprakları CO₂, DHA ve MBC gibi mikrobiyal aktiviteleri olumlu yönde etkilemiş ve R/S değerlerinin artmasına neden olmuştur. CO₂ ve MBC'e ait R/S değerleri 1.5-2 arası değişimler göstermiş olup DHA R/S değerleri 4-10 arası değişimler göstermiştir. Bu durumda, her iki bitki için rizosfer aktivitelerinden en iyi etkilenen toprak mikrobiyal aktivitesi DHA olarak belirlenmiştir. CO₂ ve MBC değerleri benzer şekilde etkilenmiş ve rizosfer bölgesi aktiviteleri DHA'a göre daha düşük bulunmuştur. Bununla beraber, biber bitkisi rizosfer aktiviteleri, domatese göre, CO₂, DHA ve MBC değerlerinin daha fazla artmasına neden olmuştur. Ca uygulamalarının artan dozları genel olarak, toprak mikrobiyal aktivitelerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bununla beraber rizosfer bölgesi topraklarında belirlenen en iyi mikrobiyal aktivite sonuçları Ca₁₀ ve Ca₂₀ dozlarında bulunmuştur. Artan Ca uygulamaları kök ağırlık değerlerinin artmasını sağlamış fakat toprak mikrobiyal aktivitelerinin de düşmesine neden olmuştur. pH değerleri, Ca uygulamalarından ve rizosfer aktivitelerinden önemli derecede etkilenmemiş ve benzer sonuçlar vermiştir. EC sonuçları ise genel olarak, rizosfer aktiviteleri ve Ca uygulamaları ile azalmalar göstermiştir. Araştırma uygulamaları ile elde edilmiş olan bu farklılıklar istatistiksel olarak (p<0.05) önemli bulunmuştur.

ÖZET

Amaç: Bu araştırma, farklı kalsiyum (Ca²⁺) dozu uygulamaları altında yetiştirilen domates ve biber bitkilerinin kök bölgesi topraklarının bazı mikrobiyal aktivitelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Biber ve Domates bitkileri, Hatay tarımında özellikle örtüaltı yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olup, kuraklık ve susuzluk streslerinden olumsuz yönde etkilenebilmektedir.

Yöntemler ve Bulgular: Sera koşullarında yürütülen bu araştırma için rizosfer (R) ve rizosfer dışından alınan topraklarda (S), Ca uygulamalarının mikrobiyal aktivitelere etkilerini belirlemek için, toprak solunumu (CO₂), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) ve mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içeriği analizleri ile birlikte kök biyomas ağırlıkları (g/bitki), pH (1:5) ve EC (µS/cm) analizleri de yapılmış ve her iki bitki için Rizosfer etkisi (R/S) değerleri hesaplanmıştır. CO₂, DHA ve MBC analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, biber ve domates için rizosfer topraklarında (R) tespit edilen CO₂, DHA ve MBC ortalama sonuçları sırasıyla, 71.98-68.74 µg CO₂-C.gkt⁻¹, 12.84-12.48 µg TPF.10 gkt⁻¹, 53.00-39.24 µg.gkt⁻¹ olarak belirlenirken aynı toprakların

ortalama S değerleri sırasıyla 58.64-59.54 $\mu\text{g CO}_2\text{-C.gkt}^{-1}$, 1.55-1.57 $\mu\text{g TPF.10 gkt}^{-1}$, 25.43-25.94 $\mu\text{g.gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre oluşturulan R/S değerleri ise biber ve domates için sırasıyla, 1.23-1.17 CO_2 , 8.19-8.06 DHA ve 2.09-1.52 MBC olarak belirlenmiştir.

Genel Yorum: Biber rizosfer mikrobiel aktivitesinin domatese göre azda olsa daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ca uygulamalarının artan dozları biber ve domates rizosfer CO_2 ve DHA değerlerinin düşmesine neden olurken MBC değerlerinde artışlara neden olmuştur. Kök ağırlığı değerleri her iki bitki için, artan Ca dozları ile artışlar göstermiştir. pH değerleri Ca uygulamalarından önemli derecede etkilenmezken, EC değerleri biber ve domates bitkisi için önemli düzeyde farklılıklar göstermiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Antakya sera koşullarında önemli bir yeri olan domates ve biberde görülen bazı fizyolojik hastalıkların neden olduğu verim ve kalite sorunlarını çözmek için Ca uygulamaları çözüm olabilir. Meyvedeki çiçek burnu çürüklüğünün ana nedeni, toprakta kalsiyum eksikliği veya mevcut kalsiyumun birçok etmenin etkisiyle topraktan alınamamasıdır. Meyveye kalsiyumun (Ca) alınamaması sonucunda meyvenin çiçek burnundaki hücre ve dokular ölmekte, çökük ve batık bir alan oluşmakta ve daha sonra bu alan genişlemektedir. Yapılan bu araştırma ile sera koşullarında, domates ve biber bitkisinde, çiçek burnu çürüklüğüne karşı uygulanan Ca'un, rizosfer bölgesi topraklarında mikrobiyal aktivitelere etkileri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rizosfer, mikrobiyal aktivite, Ca^{+2} uygulamaları, domates, biber

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Alpaslan M, Güneş A, İnal A, Aktaş M (2001) Akdeniz Bölgesi Seralarında Yetiştirilen Bitkilerin Beslenme Durumları. Tarım Bilimleri Dergisi. 7 (1), 47-55.
- Anonim (2018) Hatay Seracılık durumu. Hatay Tarım İl Müdürlüğü.
- Anonim (2016) Meteoroloji İl Müdürlüğü, Hatay.
- Bek Y (1983) Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu Yay. No: 92. Adana.

- Bhattacharyya PN, Jha DK (2012) Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28: 1327–1350.
- Budak Z, Erdal İ (2016) Yaprakdan kalsiyum uygulamasının farklı sera domates çeşitlerinde verim, meyve kalitesi ve mineral beslenmesine etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 4 (1) 1 – 10.
- Budak Z, Erdal İ (2016) Yaprakdan kalsiyum uygulamasının farklı sera domates çeşitlerinde verim, meyve kalitesi ve mineral beslenmesine etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 4 (1) 1 – 10.
- Çakmakçı R (2005) Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36:1, 97-107.
- Doğan K, Celik İ, Gok M, Coskan A (2011) Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biyomas and nitrogen content of second crop soybean. African Journal of Microbiology Research 5(20):3186-3194.
- Doğan K, Coskan A, Pamiralan H, Gok M (2013) The Determination of Nitrification Potentials of The Amik Plain Common Soil Series. Fresenius Environmental Bulletin. Volume 22(7):1881-1886.
- Doğan K, Gök M, Arnoğlu H (2008) Bakteriye Aşılama ve Demir Uygulamalarının 2. Ürün Yerfistığı Bitkisinde Biyomas, Dane Verimi ve Azot içeriklerine Etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt:13, sayı: 1-2. S. 53-64.
- Doğan K, Ağca N, Yalçın M, Dağhan H (2008) Mineral Gübreleme ve Kimyasal Uygulamaların Çevresel Etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 8-10 Ekim 2008, Konya. s. 723-730.
- Haktanır K, Arcak S (1997) Toprak Biyolojisi. Toprak ekosistemine giriş. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın no:1489. Ders kitabı: 447. S. 25-56.
- İlbay E, F Mavi, EZ Budak, F Gökşen, SZ Ülger (2015) TR63 Bölgesi Seracılık. Örtü altı bitki yetiştiriciliği. DOĞAKA, TC. Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı. Sektör Raporu. Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye.
- Isermayer H (1952) Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. Z. Pflanzenernehr. Bodenk. S 56.
- Kacar B, Katkat AV (2007) Bitki besleme. Nobel Yayın No: 849, Ankara
- Karaman MR (2012) Bitki Besleme. Bitki besin elementleri ve bitkilerde beslenme fizyolojisi. S. 32-35.
- Kaygısız H (2000) Sebzeçilik (Genel Teknikler, Özel Uygulamalar). Hasad Yayıncılık, İstanbul, 204 S.

- Kılıç Ş, Doğan K, Keskin SG (2013) Yanlış Arazi Kullanımı ve Anız Yakma Sorununa Çözüm Önerileri. *Tralleis Elektronik Dergisi*. 1 36-44.
- Konno H, Yamaya T, Yamasaki Y, Matsumoto H (1984) Pectic polysaccharide break-down of cell walls in cucumber roots grown in calcium starvation. *Plant Physiology* 76(3): 633-637.
- Korkmaz A, Saltalı K (2012) Bitki Besleme. Bitki besin elementi yarayışlığını etkileyen faktörler. S. 112-114.
- Marschner H (2011) Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
- Marschner H (2008) Mineral Nutrition of Higher Plants. Digital Print. Academic Press., pp. 889.
- Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P (2001) The Rhizosphere as a site of biochemical interactions among soil components, plants, and microorganisms, In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, Inc, New York, USA, pp. 1-18.
- Samancıoğlu A, Yıldırım E (2015) Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri uygulamalarının Bitkilerde Kuraklığa Toleransı Arttırmadaki Etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20(1):72-79 (2015)
- Thalman A (1967) Über die mikrobielle Aktivitaet und ihre Beziehungen zur Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenase aktivitaet (TTC-Reduktion) Diss. Giessen (FRG).
- Tüik (2014) Hatay seraları ve sebze ekim alanları.
- Vega N W O (2007) A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. *Rev. Agr. Medellin*. 60 (1):3621-3643.
- White P J, Broadley M R (2003) Calcium in plants. *Annals of Botany* 92(4): 487-511.
- Ohlinger R (1993) Bestimmung des Biomasse-Kohlenstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandler, E., Margesin, R. (eds.). *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. 2.Auflage. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Özbek H, Z Kaya, M Gök, H Kaptan (2007) Toprak Bilimi. ÇÜ. Ziraat Fak. Genel Yayın no: 73. Ders kitapları yayın no: A-16. 12. Baskı. S. 372-375.
- Yeşilsoy MŞ (2002) Toprak Bitki Su ilişkileri., ÇÜ. Zir. Fak. Genel yayın no: 94. Ders kitapları yayın no: A-23. S. 1-5.



Determination of rhizobial potentials in legume cultivation areas in Hatay

Hatay baklagil ekim alanlarında rhizobial potansiyellerin belirlenmesi

Fatih UYAR¹ , Kemal DOĞAN¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science & Plant Nutrient, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Nodulation, rhizobial potential, legume, microbial activity in soil.

✉ Corresponding author: Kemal DOĞAN

✉: kdogan@mku.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: This research was carry out to determine rhizobial potentials in Hatay legume cultivation areas. A wide survey study was carried out in Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Altınözü, Amik Plain, Samandağ, Anayazı and Karaali regions to investigated nodulation conditions of broad bean, peas, peanuts, kidney beans, beans and chickpeas plants.

Methods and Results: Plant samples were made on different dates for each plant according to the flowering periods of the plants in the research areas. In addition to the root samples of the plant root samples were made in the soil. The nodule number, nodule weight and effective nodule weight were determined for nodulation parameters. In order to determine microbial activity in rhizosphere soil, CO₂ production ($\mu\text{g CO}_2\text{-C gkt}^{-1} 24\text{sa}^{-1}$), and dehydrogenase enzyme activity (DHA $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$) were analyzed. However, soil pH (1: 5 dilution) and EC ($\mu\text{S}^{-1}\text{cm}$) values were also determined.

Conclusions: According to the results of the study, the lowest and highest number of nodule values (nodüle number plant⁻¹), except for zero, were found to be between 5 and 596. The average nodule count value was 83 according to all samples. The lowest nodulation results were determined in the peanut plant and in Reyhanlı agricultural areas, while the highest values were determined in Amik Plain in broad bean plants. However nodules were not found in Reyhanlı peanut agricultural areas. According to the overall average results, the lowest and highest CO₂ values are 57 (Kumlu-pea) and 328 (Serinyol-broad bean) $\mu\text{g CO}_2\text{-C gkt}^{-1} 24\text{h}^{-1}$ respectively while DHA values are determined as 4.633 (Kumlu-pea) and 27.368 (Serinyol-pea) $\mu\text{g TPF ds}^{-1}$. pH values were measured as 8.16 (Amik Plain-pods) - 8.67 (Kırıkhan-pea), and EC values were measured as 200 (Serinyol- broad bean) - 538 (Amik Plain-bakla) $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Significance and Impact of the Study: According to the results of the research, it is determined that reducing nitrogenous fertilizers used in some legume planting areas with high nodule counts and applying rhizobial inoculation in legume planting areas where low nodule number values are reached will provide ecological and economic gains.research, the effects of Ca on tomato and pepper plant rot against rhinosphere in microsil activities in greenhouse conditions were determined.

Atif / Citation: Uyar F, Dogan K (2019) Determination of rhizobial potentials in legume cultivation areas in Hatay. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :301-312

GİRİŞ

Atmosferde %78 oranında bulunan N₂ elementi, bitkiler ve diğer canlılar için yararlı azot formu olup, bu azotu

yararlı forma dönüştüren en önemli mekanizma biyolojik N₂-fiksasyonudur. Atmosfer azotunun, bitkiler ve diğer canlılar için yararlı formlara dönüşmesi için gerekli olan yüksek enerji, doğada yıldırımlar ve

şimşekler aracılığıyla sağlanırken, insanlar bu enerji için yüksek maliyetli petrol ürünleri ve doğal gazları kullanmak zorunda kalmaktadır. Rhizobium bakterileri gibi bazı canlılar ise normal sıcaklık ve basınç şartlarında, fazla enerji tüketmeden, sahip oldukları bazı spesifik enzimleri sayesinde, N_2 azotunu, NH_3 , NH_4^+ ve NO_3^- gibi bitkiler ve diğer canlılar için yararlı azot formlarına dönüştürebilmektedirler (Durrant, 2001; Doğan ve ark., 2007; Doğan ve ark., 2011; Coşkan ve Doğan, 2011). Ekolojik unsurlardan yoksun ve ağırlaştırılmış tarımsal uygulamalar topraklarımıza ve ekosisteme zarar vermektedir (Sarioğlu ve ark., 2017; Kılıç ve ark., 2013). Beslenmek ve hayatta kalmak için her yönüyle bağımlı olduğumuz topraklarımızı korumak için, daha ekolojik tarımsal uygulamalara ağırlık vermeliyiz. Tarımsal uygulama yöntemlerinde, ekolojik yöntemlerin kullanılmasında temel amaçlarımızdan en önemlisi, verimli toprakların kendi potansiyellerinin kullanılması ve bu potansiyellerinin uzun süreli korunması dolayısıyla sürdürülebilirliğinin korunmasıdır. Baklagil bitkileriyle mutualistik yaşayan rhizobiumlar, atmosferde bulunan ve bitkiler için yararlı formlarda olan N_2 elementini, NH_4^+ ve NO_3^- gibi yararlı formlara dönüştürerek, topraklara $10-30 \text{ kg da}^{-1}$ saf azot kazandırabilmektedir (Gök ve Martin, 1993; Gök ve ark., 2004; Coşkan ve Doğan, 2011; Durrant, 2001).

Tarımsal uygulamalarda, baklagil ekim alanlarında, rhizobiumlardan faydalanılarak, önemli miktarlarda ekonomik ve ekolojik kazançlar sağlanabilir. Hatay bölgesinde yapılan bu araştırma ile farklı dönemlerde yetişen, bezelye, fasulye, bakla, nohut, yerbıstığı ve barbunya gibi baklagil bitkilerinin kök ve nodül örneklemeleri yapılarak, bölgenin rhizobial potansiyeli belirlenmiştir. Geniş ve verimli tarımsal arazilere sahip olan Amik Ovası topraklarının mikrobiyal aktivitelerini belirlemeye yönelik bazı araştırmalar, daha önce Doğan ve ark. (2013) ile Şahin ve Doğan (2016) tarafından yapılmıştır. Amik Ovası yaygın seri topraklarında yapılan bazı araştırmalarda (Sarioğlu, 2017; Şakar, 2019) soya bitkisinde çalışılmış ve bazı organik, mineral gübre uygulamaları ile demirin azot fiksasyonuna etkileri araştırılmıştır. Ancak, araştırma bölgesine ait rhizobial potansiyellerin belirlenmesi daha önce çalışılmamıştır. Toprak rhizobial aktiviteleri, baklagil ekim alanlarında çok önemli verimlilik unsurudur. Rhizobium dışındaki diğer toprak organizmaları da toprak verimliliği açısından çok önemli bir unsur olup, organik maddenin parçalanmasından (mineralizasyon), doğadaki C, N, P, S vs. gibi çok önemli element döngülerine kadar birçok mekanizmada hayati roller üstlenirler. Özellikle rizosfer bölgesinde yaşayan organizmalarla bitki interaksyonu

sayesinde önemli ekonomik ve ekolojik kazançlar sağlanabilmektedir.

Türkiye Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bilgilerine göre, 2017 yılında Hatay tarım alanlarında, bezelye, nohut, fasulye, mercimek, börülce ve bakla gibi baklagillerin toplam ekim alanı 3775 da, baklagil yem bitkileri ekim alanı ise 29300 da olarak bildirilmiştir (Anonim, 2017). Araştırma bölgesine ait veriler ve elde edilen bulgular ışığında Hatay Bölgesi baklagil ekim alanlarında yapılan rhizobial çalışmalarla, çok önemli ekonomik ve ekolojik kazançların elde edileceği ortadadır. Bu araştırmada, rhizobial aktiviteler belirlenirken aynı zamanda yapılan rizosfer toprak örneklemeleri ile de toprakların CO_2 üretimi ve dehidrogenaz enzim aktiviteleri de (DHA) belirlenmiştir. Bunlara ek olarak pH ve EC değerleri tespit edilmiş ve nodülasyon sonuçlarına etkileri değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu araştırma, Hatay baklagil ekim alanlarında, rhizobial potansiyelleri belirlemek amacıyla 2018 yılında yapılmıştır. Hatay'da baklagil ekim alanlarında, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Altınözü, Amik Ovası, Samandağ, Anayazı, Karaali Bölgelerinde (Şekil 1) geniş bir sörvey çalışması yapılarak, bakla, bezelye, yerbıstığı, barbunya, fasulye ve nohut bitkilerinde nodülasyon durumları incelenmiştir.



Şekil 1. Araştırma topraklarının coğrafik lokasyonu (Anonim, 2019)

Araştırma Alanının Örnekleme Koordinatları ve bitki çeşitleri

Araştırma bölgesinden yapılan geniş bir sörvey çalışması ile 85 noktadan bitki ve toprak örnekleme yapılmış ve sonrasında birbirine çok yakın örnekleme noktaları

çıkartılarak 64 noktaya düşürülmüştür (Çizelge 1). Nodülasyon ve bazı toprak mikrobiyal aktiviteleri ile pH ve EC değerlerinin birlikte değerlendirilmesi için 32 nokta seçilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma bölgelerinden alınan bitki örnekleri ve coğrafik koordinatları

Sıra No	Bölge Adı	Bitki Adı	Örnek Koordinatı
1	Serinyol	Bakla 1	248 929 D - 402 5744 K
2	Serinyol	Bakla 2	248 929 D - 402 5744 K
3	Serinyol	Bezelye 1	248 929 D - 4025744 K
4	Serinyol	Bakla 3	249 90491 D - 402 6236 K
5	Serinyol	Bakla 4	249 5051 D - 402 6896 K
6	Serinyol	Bakla 5	249 6721 D - 402 7013 K
7	Serinyol	Bezelye 2	249 6721 D - 402 7013 K
8	Serinyol	Bezelye 3	249 6721 D - 402 7013 K
9	Serinyol	Bezelye 4	249 096 D - 402 8367 K
10	Serinyol	Bezelye 5	249 096 D - 402 8367 K
11	Serinyol	Bakla 6	249 043 D - 402 8298 K
12	Serinyol	Bakla 7	249 083 D - 402 7247 K
13	Serinyol	Bakla 8	249 083 D - 402 7247 K
14	Serinyol	Bezelye 6	249 083 D - 402 7247 K
15	Serinyol	Bezelye 7	249 083 D - 402 7247 K
16	Serinyol	Bakla 9	248 749 D - 402 6247 K
17	Serinyol	Bakla 10	248 749 D - 402 6247 K
18	Kırıkhan	Bezelye 8	265 310 D - 403 8780 K
19	Kırıkhan	Bezelye 9	265 310 D - 403 8780 K
20	Kırıkhan	Bezelye 10	265 310 D - 403 8780 K
21	Kırıkhan	Bezelye 11	265 310 D - 403 8780 K
22	Kırıkhan	Bezelye 12	265 474 D - 403 8355 K
23	Kırıkhan	Bezelye 13	265 474 D - 403 8355 K
24	Kumlu	Bezelye 14	277 310 D - 4028055 K
25	Kumlu	Bezelye 15	277 305 D - 4028111 K
26	Kumlu	Bezelye 16	277 305 D - 4028055 K
27	Kumlu	Bezelye 17	277 3160 D - 4028020 K
28	Kumlu	Bezelye 18	277 3160 D - 4027994 K
29	Kumlu	Bezelye 19	277 3160 D - 4027994 K
30	Kumlu	Bezelye 20	277 3160 D - 4027994 K
31	Kumlu	Bezelye 21	277 3160 D - 4027994 K
32	Reyhanlı	Bezelye 22	283 529 D - 401 3314 K
33	Reyhanlı	Bezelye 23	283 529 D - 401 3314 K
34	Reyhanlı	Bezelye 24	283 529 D - 401 3314 K
35	Reyhanlı	Bezelye 25	283 529 D - 401 3314 K
36	Reyhanlı	Bezelye 26	283 341 D - 4013306 K
37	Reyhanlı	Bezelye 27	283 341 D - 4013306 K

Çizelge 1. (devamı)

38	Reyhanlı	Bezelye 28	283 341 D - 4013306 K
39	Altınözü	Bezelye 29	254 541 D - 399 6439 K
40	Altınözü	Bakla 11	254 864 D - 399 5898 K
41	Altınözü	Bakla 12	254 864 D - 399 5898 K
42	Altınözü	Bakla 13	254 864 D - 3995898 K
43	Altınözü	Bakla 14	254 864 D - 3995898 K
44	Altınözü	Bakla 15	254 541 D - 3996439 K
45	Altınözü	Bakla 16	254 541 D - 3996439 K
46	Altınözü	Bezelye 30	254 541 D - 3996439 K
47	Altınözü	Bezelye 31	254 541 D - 3996439 K
48	Amik Ovası	Bakla 17	254 036 D - 4010894 K
49	Amik Ovası	Bakla 18	254 036 D - 4010894 K
50	Amik Ovası	Bakla 19	254 036 D - 4010894 K
51	Amik Ovası	Bakla 20	263 341 D - 402 3409 K
52	Amik Ovası	Bakla 21	263 341 D - 402 3409 K
53	Amik Ovası	Bakla 22	263 341 D - 402 3409 K
54	Amik Ovası	Bakla 23	263 341 D - 402 3409 K
55	Amik Ovası	Bakla 24	263 341 D - 402 3409 K
56	Samandağ	Yer Fıstığı 2	764 330 D - 400 0693 K
57	Samandağ	Yer Fıstığı 3	764 340 D - 400 0635 K
58	Samandağ	Yer Fıstığı 4	764 316 D - 400 0604 K
59	Samandağ	Yer Fıstığı 5	763 896 D - 400 0748 K
60	Samandağ	Yer Fıstığı 6	763 896 D - 400 0748 K
61	Samandağ	Yer Fıstığı 7	763 900 D - 400 0697 K
62	Samandağ	Yer Fıstığı 8	763 900 D - 400 0697 K
63	Samandağ	Yer Fıstığı 9	763 858 D - 400 0667 K
64	Samandağ	Yer Fıstığı 10	763 858 D - 400 0667 K
65	Reyhanlı	Yer Fıstığı 1	282 536 D - 402 3113 K
66	Reyhanlı	Yer Fıstığı 2	282 567 D - 402 3100 K
67	Reyhanlı	Yer Fıstığı 3	282 567 D - 402 2492 K
68	Reyhanlı	Yer Fıstığı 4	282 576 D - 402 2483 K
69	Reyhanlı	Yer Fıstığı 5	282 601 D - 402 1985 K
70	Reyhanlı	Yer Fıstığı 6	282 559 D - 402 1992 K
71	Reyhanlı	Yer Fıstığı 7	282 981 D - 402 0904 K
72	Reyhanlı	Yer Fıstığı 8	282 981 D - 402 0904 K
73	Reyhanlı	Yer Fıstığı 9	282 881 D - 402 0509 K
74	Reyhanlı	Yer Fıstığı 10	284 881 D - 402 0509 K
75	Anayazı	Barbunya	248 314 D - 402 3432 K
76	Anayazı	Fasulye 6	248 198 D - 402 3283 K
77	Anayazı	Nohut 6	247 909 D - 402 2398 K
78	Anayazı	Nohut 7	248 909 D - 402 2398 K
79	Anayazı	Nohut 8	249 909 D - 402 2398 K
80	Karaali	Nohut 10	247 909 D - 402 2398 K

Çizelge 1. (devamı)

81	Karaali	Nohut 11	248 909 D - 402 2398 K
82	Karaali	Nohut 12	249 909 D - 402 2398 K
83	Karaali	Nohut 13	250 909 D - 402 2398 K
84	Serinyol	Fasulye 1	249 287 D - 402 8281 K
85	Serinyol	Fasulye 2	249 101 D - 402 8410 K

Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Hatay yazları kurak ve sıcak, kışları ise nemli ve yağışlı iklim özelliğine sahip Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Yıllık yağış miktarı ortalama 1124 mm olup, yağışlar çoğu zaman ilkbahar ve kış mevsimlerinde yağmur olarak düşmektedir. Ortalama yıllık sıcaklık göstergesi 18.1 °C olup, aynı alanda en yüksek sıcaklık 31 °C, en düşük sıcaklık 4.5 °C dir. Yılın en sıcak günü ortalama olarak Ağustos ayında, en soğuk günü Ocak ayında yaşanır. Yıllık 20 cm'de ortalama toprak sıcaklığı 19.7 °C, 50 cm'deki yıllık ortalama toprak sıcaklığı ise 19.2 °C'dir. Toprak Taksonomisine göre, araştırma alanının toprak nem rejimi Xeric, 50 cm'deki yıllık ortalama toprak sıcaklığının 15 °C ile 22 °C arasında olması nedeniyle toprak sıcaklık rejimi de Thermic olarak sınıflandırılmıştır (Kılıç ve ark., 2008).

Yöntem

Araştırma bölgelerinden örneklenen baklagil bitkilerinin, çiçeklenme dönemleri farklı zamanlara gelmesi nedeniyle, her bitki için farklı tarihlerde, kök ve toprak örneklemeleri yapılmıştır. Toplamda 85 noktadan yapılmış olan bitki ve toprak örnekleme birbirine yakın olan noktaların elenmesi ile 64 noktaya düşürülmüştür. Bununla beraber en fazla üretimi yapılan bezelye ile bakla bitkilerinden oluşan 32 örnekleme noktası için toprak ve nodülasyon parametreleri birlikte değerlendirilmiştir. Araziden alınan kök örnekleri ve kök bölgesi toprakları aynı gün laboratuvarlara getirilmiş ve kök örnekleri yıkanıp saf sudan geçirildikten sonra, kurutma kağıtları üzerine serilerek nemi alınmıştır. Aynı gün nodül sayımları yapılmış ve kökler kurutma dolaplarına alınarak 65 °C de 5 gün boyunca kurutulduktan sonra, kuru ağırlıkları (g bitki⁻¹) alınmıştır. Nodül örnekleri ise petri kaplarında kurutulmuş ve kuru ağırlıkları (g kök⁻¹) için tartımları yapılmıştır. Kök bölgesi toprak örnekleri alındığı gün 2 mm'lik eleklerden geçirilmiş ve mikrobiyal analizleri yapılmıştır. pH ve EC analizleri için topraklar kurutulup öğütüldükten sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir.

Sörvey ile alınan bitkilerde nodülasyon parametrelerinden, nodül sayısı, nodül ağırlığı ve etkili nodül ağırlığı belirlenmiştir. Kök bölgesi topraklarında ise karbondioksit üretimi (CO₂), dehidrojenaz enzim

aktivitesi (DHA) gibi bazı mikrobiyal aktivitelerle birlikte, 1:5 toprak/su sulandırma ile pH ve tuz (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) değerleri belirlenmiştir. Toprak solunum analizi (CO₂ üretimi) Isermayer (1952) yöntemine göre, dehidrojenaz enzim aktivitesi (DHA) analizi Thalman (1967)'e göre yapılmıştır. Nodül sayısı, nodül kuru ağırlığı ile etkili nodül kuru ağırlığı değerleri, hassas terazi ölçümleri ile belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma bulguları, bitki ve toprak sonuçlarından oluşmaktadır. Bitki sonuçları, nodül sayısı, nodül ağırlığı ve etkili nodül ağırlığı parametrelerinden oluşurken, toprak sonuçları, CO₂ ve DHA gibi mikrobiyal aktiviteler ve pH ve EC gibi kimyasal verilerden oluşmuştur.

Nodülasyon Sonuçları

Araştırma bölgelerinde belirlenen nodül sayısı (Ad bitki⁻¹), nodül ağırlığı (g kök⁻¹) ve etkili nodül ağırlığı (mg nodül⁻¹) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 değerlerine göre; sıfır haricindeki en düşük nodül sayısı Samandağ ilçesinde yerfıstığı 2a noktasında 5 adet kök⁻¹ olarak belirlenirken, en yüksek nodül sayısı ise 596 adet kök⁻¹ olarak Serinyol bölgesinde yer alan MKÜ kampüs alanı içerisindeki yerfıstığı noktasında belirlenmiştir. Tüm bitkilere ait genel ortalama sonucu ise 85 adet kök⁻¹ olarak belirlenmiştir. Nodül ağırlığı değerleri ise benzer şekilde, sıfır haricinde, en düşük ve en yüksek olarak, Samandağ yerfıstığı 2a noktasında 0.001 g kök⁻¹ ve Amik Ovası bakla 22 noktasında 3.450 g kök⁻¹ bulunmuştur. Tek bir nodülün ortalama ağırlığından oluşan, etkili nodül ağırlığı değerleri, sıfır haric en düşük, Samandağ yerfıstığı 2a noktasında 0.020 mg nodül⁻¹, en yüksek ise Amik Ovası Bakla 18 noktasında 9.05 mg nodül⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Bakla örnekleme, Serinyol ve Altınözü'nde, Serinyol'da 5, Altınözü'nde 4 noktada yapılmıştır. Serinyol bakla ekim alanlarında belirlenen nodül sayısı değerleri, 22-145 arasında değişimler gösterirken, Altınözü'nde 120-199 arasında değişimler göstermiştir. Bezelye örnekleme, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Altınözü ilçelerinde sırasıyla, 4, 4, 4, 4 ve 2 noktada yapılmıştır. Bu bölgelerde bezelye köklerinde

belirlenen nodül sayısı değerleri Serinyol için 39-97, Kırıkhan 71-169, Kumlu 32-82, Reyhanlı için 21-83 arasında değişimler göstermiş olup Altınözünde tespit edilen nodül sayısı değerleri 65 ve 123 olarak bulunmuştur. Yerfistiği örnekleme genel olarak Samandağ, Çevlik arasında kalan tarlalarda ve Reyhanlı'da yapılmış olup, nodül sayısı değerleri, Samandağ için sıfır hariç 5-196 arasında değişimler göstermiştir. Reyhanlı yerfistiği ekim alanlarında nodül bulunmamıştır. Mustafa Kemal Üniversitesi (MKÜ) Kampüs alanı içerisinde 2 noktadan alınan yerfistiği kök örneklerinde tespit edilen nodül sayısı ise 134 ve 596 olarak bulunmuştur. Anayazında örnekleme yapılan barbunya ve fasulyede tespit edilen nodül sayıları sırasıyla 0 ve 15 olarak belirlenirken, nohutta tespit

edilen nodül sayısı değerleri 71 ve 148 arasında değişimler göstermiştir. Karaali bölgesinde nohutta belirlenen nodül sayısı değerleri, 11 ile 24 arasında değişimler göstermiştir.

Rhizobial N₂-fiksasyonunun önemli göstergelerinden biri olan nodül sayısı değerleri, tarımsal ve ekolojik kazanımlar açısından çok önemli olup, topraklarda rhizobium ve baklagil interaksiyonlarının tespitinde kullanılan en hızlı parametrelerden biridir (Coşkan ve Doğan, 2011; Doğan ve ark., 2011). Çukurova bölgesinde, yerfistiği ekim alanlarında yapılan benzer bir araştırma sonuçlarına göre, nodül sayısı değerleri ortalama olarak 80-328 adet bitki⁻¹, olarak belirlenmiştir (Gök ve ark., 2008).

Çizelge 2. Hatay baklagil ekim alanlarının nodülasyon değerleri

Sıra No	Bölge Adı	Bitki no	Nodül Sayısı (Ad kök ⁻¹)	Nodül Ağırlığı (g kök ⁻¹)	Etkili nodül ağırlığı (mg nodül ⁻¹)
1	Serinyol	Bakla 1	145	0.840	5.793
2	Serinyol	Bakla 3	38	0.160	4.211
3	Serinyol	Bakla 6	22	0.040	1.818
4	Serinyol	Bakla 7	66	0.380	5.758
5	Serinyol	Bakla 9	39	0.160	4.103
6	Serinyol	Bezelye 2	69	0.230	3.333
7	Serinyol	Bezelye 3	39	0.300	7.692
8	Serinyol	Bezelye 4	71	0.300	4.225
9	Serinyol	Bezelye 5	97	0.500	5.155
10	Kırıkhan	Bezelye 8	71	0.350	4.930
11	Kırıkhan	Bezelye 9	118	0.120	1.017
12	Kırıkhan	Bezelye 12 A	86	0.090	1.047
13	Kırıkhan	Bezelye 13 A	169	0.220	1.302
14	Kumlu	Bezelye 14 C	59	0.060	1.017
15	Kumlu	Bezelye 16 A	32	0.050	1.563
16	Kumlu	Bezelye 19 A	82	0.160	1.951
17	Kumlu	Bezelye 20 B	58	0.400	6.897
18	Reyhanlı	Bezelye 22	68	0.070	1.029
19	Reyhanlı	Bezelye 23 B	83	0.400	4.819
20	Reyhanlı	Bezelye 27 A	53	0.300	5.660
21	Reyhanlı	Bezelye 28	21	0.040	1.905
22	Altınöz	Bezelye 30 A	123	0.700	5.691
23	Altınöz	Bezelye 31	65	0.110	1.692
24	Altınöz	Bakla 13	153	0.530	3.464
25	Altınöz	Bakla 14	199	0.480	2.412
26	Altınöz	Bakla 15	182	0.550	3.022
27	Altınöz	Bakla 16	120	0.480	4.000
28	Amik Ovası	Bakla 18	211	1.900	9.005

Çizelge 2. (devamı)

29	Amik Ovası	Bakla 19	108	0.110	1.019
30	Amik Ovası	Bakla 22	444	3.450	7.770
31	Amik Ovası	Bakla 23	180	0.350	1.944
32	Amik Ovası	Bakla 24	235	0.550	2.340
33	Samandağ	Yer Fıstığı 2a	5	0.0001	0.020
34	Samandağ	Yer Fıstığı 3b	0	0.000	0.000
35	Samandağ	Yer Fıstığı 4	0	0.000	0.000
36	Samandağ	Yer Fıstığı 5	79	0.35	4.430
37	Samandağ	Yer Fıstığı 6	22	0.0001	0.005
38	Samandağ	Yer Fıstığı 7a	144	0.82	5.694
39	Samandağ	Yer Fıstığı 8	15	0.0001	0.007
40	Samandağ	Yer Fıstığı 9	196	0.71	3.622
41	Samandağ	Yer Fıstığı 10	110	0.49	4.455
42	Reyhanlı	Yer Fıstığı 1	0	0.000	0.000
43	Reyhanlı	Yer Fıstığı 2	0	0.000	0.000
44	Reyhanlı	Yer Fıstığı 3	0	0.000	0.000
45	Reyhanlı	Yer Fıstığı 4	0	0.000	0.000
46	Reyhanlı	Yer Fıstığı 5	0	0.000	0.000
47	Reyhanlı	Yer Fıstığı 6	0	0.000	0.000
48	Reyhanlı	Yer Fıstığı 7a	0	0.000	0.000
49	Reyhanlı	Yer Fıstığı 8	0	0.000	0.000
50	Reyhanlı	Yer Fıstığı 9	0	0.000	0.000
51	Reyhanlı	Yer Fıstığı 10	0	0.000	0.000
52	Anayazı	Barbunya	15	0.020	1.333
53	Anayazı	Fasulye 6	0	0.000	0.000
54	Anayazı	Nohut 6	148	0.650	4.392
55	Anayazı	Nohut 7	71	0.260	3.662
56	Anayazı	Nohut 8	88	0.360	4.091
57	Karaali	Nohut 10	24	0.100	4.167
58	Karaali	Nohut 11	13	0.060	4.615
59	Karaali	Nohut 12	11	0.010	0.909
60	Karaali	Nohut 13	13	0.015	1.154
61	Serinyol	Fasulye 1	41	0.110	2.683
62	Serinyol	Fasulye 2	86	0.210	2.442
63	MKU Kampüs	Yer Fıstığı 1	596	1.530	2.567
64	MKU Kampüs	Yer Fıstığı 2	134	0.430	3.209
Ortalama			83	0.320	2.673
En düşük (sıfır hariç)			5	0.001	0.020
En yüksek			596	3.450	9.005

Araştırma genel ortalama sonuçlarına göre, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye ekim alanlarına ait nodül sayısı değerleri sırasıyla, 69, 111, 58, 56 ve 94 Adet kök⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre bezelye örnekleme alanlarında, en yüksek nodül sayısı Kırıkhan, en düşük ise Kumlu ve Reyhanlı'da tespit

edilmiştir. Bakla ekim alanlarında belirlenen nodül sayısı değerleri ise Serinyol 42, Altınözü 164 ve Amik Ovası 236 Adet kök⁻¹ olarak belirlenmiştir. Amik Ovasında bakla bitkileri genel olarak küçük ölçekli yerleşim yerlerinde belirlenmiş olup, ovanın geniş tarım alanlarında olmayışı, nodülasyon değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmuş

olacağı düşünülmektedir. Araştırma bölgesinde bakla bitkilerinin daha az mineral gübre ve kimyasal maddeye maruz kalmış olma olasılığı, nodülasyon değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bununla beraber Samandağ ve Reyhanlı yerfistiği ekim alanlarında nodül bulunmamasının en önemli nedeninin, bakteri aşılması yapılmamış olduğu düşünülmektedir. Nodül bulunmayan bu tür topraklara, baklagil ekimi yapılmadan önce bakteri aşılması, ürün verimini ve kalitesini arttırmakta, aynı zamanda mineral gübre ve kimyasal kullanımını azaltarak, toprak verimliliğinin de sürdürülebilirliğine katkıları sağlamaktadır. Yapılan bir çok araştırma sonuçlarına göre, başta azotlu gübreler olmak üzere, mineral gübre ve kimyasal kullanımı, toprak mikrobiyal aktivitesine ve verimliliğine zarar vermektedir (Zaldivar, 1976; Gök ve ark., 2001; Kremser ve Schnug, 2002; Doğan ve ark., 2016). Nodül ağırlığına ait genel ortalama sonuçlarına göre, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye ekim alanlarına ait nodül ağırlığı değerleri sırasıyla, 0.333, 0.195, 0.168, 0.203 ve 0.405 g kök⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bakla ekim alanlarında tespit edilen nodül ağırlığı değerleri ise Serinyol 0.212, Altınözü 0.510 ve Amik Ovası 1.272 g kök⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırmanın genel ortalama sonuçlarına göre, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye ekim alanlarına ait etkili nodül ağırlığı değerleri sırasıyla, 5.101, 2.074, 2.857, 3.353 ve 3.692 mg nodül⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bakla ekim alanlarında tespit edilen etkili nodül ağırlığı değerleri ise Serinyol 5.065, Altınözü 3.225 ve Amik Ovası 4.416 mg nodül⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Toprak Solunumu (CO₂ üretimi) Sonuçları

Araştırma bölgesi, bakla ve bezelye ekim alanlarından alınan kök bölgesi topraklarına ait CO₂ üretimi sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge değerlerine göre bakla ekim alanlarından Serinyol, Altınözü ve Amik Ovası CO₂ genel ortalama sonuçları sırasıyla, 328, 183 ve 120 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bezelye ekim alanlarından, Serinyol 181, Kırıkhan 252, Kumlu 57, Reyhanlı 120 ve Altınözü 140 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Serinyol bakla kök bölgesi topraklarında belirlenen en düşük ve en yüksek CO₂ değerleri 232-406 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹, bezelye değerleri ise 116-260 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye topraklarında tespit edilen en düşük ve en yüksek CO₂ değerleri sırasıyla, 54-416, 6-118, 112-134 ve 110-170'tir. Genel ortalama sonuçlarına göre, bakla ve bezelye CO₂ sonuçları, 210 ve 250 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenirken her iki bitkiye ait genel ortalama CO₂ sonucu 178 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak tespit edilmiştir. En düşük ve en yüksek

CO₂ sonucu ise 6 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak Kumlu Bezelye toprakları ile 416 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak Kırıkhan bezelye topraklarında belirlenmiştir.

Toprak içerisindeki birçok mekanizma, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak etkileşim halindedir. Araştırma alanı bitki kök bölgesi topraklarının, farklı özellikler göstermesi ve farklı rizosfer faaliyetleri, toprakların mikrobiyal aktivitelerini de etkilemektedir (Doğan ve ark., 2018; Doğan ve ark., 2013). Bununla beraber rhizobial faaliyetler de, diğer mikrobiyal aktiviteleri de etkileyebilmektedir. Rhizobial N₂-fiksasyonu yalnızca baklagillere değil aynı zamanda diğer bitkilere ve mikroorganizmalara da faydalar sağlamaktadır (Barea ve ark., 2005; Buscot, 2005; Brockwell ve ark., 1995). Toprak CO₂ aktivitesi, toprak canlılarının birçok faaliyetleri sonucu ortaya çıkan bir özellik olup, topraklarda meydana gelen her tür faaliyet tarafından etkilenebilmektedir.

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (DHA) Sonuçları

Bakla ve bezelye bitkisi kök bölgesi topraklarında tespit edilen DHA değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge değerlerine göre, Serinyol, Altınözü ve Amik Ovası bakla ekim alanları DHA genel ortalama sonuçları sırasıyla, 14.765, 7.759 ve 22.622 µg TPF g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye ekim alanlarında belirlenen DHA ortalama değerleri ise sırasıyla 27.368, 25.487, 4.633, 19.691 ve 7.759 µg TPF g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Serinyol bakla kök bölgesi topraklarında belirlenen en düşük ve en yüksek DHA değerleri 4.876 ve 35.268 bezelye topraklarına ait DHA değerleri ise 14.076 ve 57.369 µg TPF g kt⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü bezelye topraklarında tespit edilen en düşük ve en yüksek DHA değerleri sırasıyla, 10.345-49.569, 2.740-7.268, 14.240-23.266 ve 7.238-8.280 µg TPF g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bakla ve bezelye bitkisi kök bölgesi topraklarına ait DHA Genel ortalama sonuçları sırasıyla 18.11 ve 16.99 µg TPF g kt⁻¹ olarak bulunmuştur. Her iki bitki için genel ortalama DHA değeri 17.84 µg TPF g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek DHA sonucu ise 2.740 µg TPF g kt⁻¹ olarak Kumlu bezelye toprakları ile 57.369 µg TPF g kt⁻¹ olarak Serinyol bezelye topraklarında belirlenmiştir.

Toprak mikrobiyal aktivitelerinin önemli bir göstergesi olan dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA), organik üretim sistemlerinde, organik maddenin mineralizasyonunda ve canlı tarafından değerlendirilme aşamalarında ve besin döngülerinde çok önemli görevler üstlenir (Jarvan ve ark. 2014; Şahin ve Doğan 2016). DHA toprak mikroorganizmalarının neredeyse tamamında

bulunan endo enzim olup, mikroorganizmaların özellikle metabolik durumları hakkında bilgi verir (Watts ve ark., 2010; Doğan ve ark., 2016).

pH Sonuçları

Hatay bölgesi baklagil ekim alanlarında rhizobiyal potansiyeli belirlemek amacıyla alınan bakla ve bezelye kök bölgesi topraklarının pH değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge değerlerine göre en düşük pH değeri 8.16 olarak Amik Ovası bakla ekim alanlarında belirlenirken, en yüksek değer ise 8.67 olarak Kırıkhan bezelye topraklarında belirlenmiştir. Her iki bitki topraklarında belirlenen pH değerlerinin genel ortalama sonucu ise 8.58 olarak tespit edilmiştir. Bezelye ve bakla topraklarında belirlenen pH değerlerinin genel ortalamaları sırasıyla, 8.59 ve 8.56 olarak belirlenmiştir. Serinyol, Altınözü ve Amik Ovası bakla ekim alanlarında tespit edilen pH genel ortalama sonuçları sırasıyla, 8.60, 8.58 ve 8.51'dir. Bezelye ekim alanlarından, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü topraklarının pH

genel ortalama sonuçları sırasıyla, 8.55, 8.63, 8.63, 8.56 ve 8.59 olarak bulunmuştur.

EC Sonuçları

Araştırma bitkilerinden bakla ve bezelye kök bölgesi topraklarının EC sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge değerlerine göre en düşük EC değeri 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak Serinyol bakla ekim alanlarında belirlenirken, en yüksek değer 538 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak Amik Ovası Bakla topraklarında belirlenmiştir. Her iki bitki topraklarında belirlenen EC değerlerinin genel ortalama sonucu ise 443 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bezelye ve bakla ekim alanlarında tespit edilen EC değerlerinin genel ortalamaları sırasıyla, 455 ve 436 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Serinyol, Altınözü ve Amik Ovası bakla ekim alanlarında tespit edilen EC genel ortalama sonuçları sırasıyla, 357, 484 ve 468'dir. Bezelye ekim alanlarından, Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı ve Altınözü topraklarının EC genel ortalama sonuçları sırasıyla, 392, 434, 455, 502 ve 492 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. Hatay tarım alanları, bakla ve bezelye kök bölgesi topraklarının CO₂, DHA, pH ve EC sonuçları

Sıra No	Bölge adı	Bitki ve Örnek no	$\mu\text{g CO}_2\text{-C g kt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$	DHA $\mu\text{g TPF gk}^{-1}$	pH (1:5)	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (1:5)
1	Serinyol	Bakla 1	366	4.876	8.61	377
2	Serinyol	Bakla 3	406	12.216	8.63	386
3	Serinyol	Bakla 6	232	13.995	8.51	501
4	Serinyol	Bakla 7	270	7.473	8.61	320
5	Serinyol	Bakla 9	366	35.268	8.66	200
Serinyol Bakla ortalama			328	14.765	8.60	357
6	Serinyol	Bezelye 2	260	18.666	8.50	383
7	Serinyol	Bezelye 3	116	57.369	8.61	389
8	Serinyol	Bezelye 4	136	19.361	8.55	380
9	Serinyol	Bezelye 5	212	14.076	8.53	415
Serinyol Bezelye ortalama			181	27.368	8.55	392
10	Kırıkhan	Bezelye 8	138	10.345	8.61	479
11	Kırıkhan	Bezelye 9	54	14.424	8.67	412
12	Kırıkhan	Bezelye 12A	416	49.569	8.59	426
13	Kırıkhan	Bezelye 13A	398	27.611	8.63	420
Kırıkhan Bezelye ortalama			252	25.487	8.63	434
14	Kumlu	Bezelye 14C	76	2.965	8.64	430
15	Kumlu	Bezelye 16A	6	2.740	8.62	495
16	Kumlu	Bezelye 19A	118	5.561	8.63	501
17	Kumlu	Bezelye 20B	28	7.268	8.62	395
Kumlu bezelye ortalama			57	4.633	8.63	455
18	Reyhanlı	Bezelye 22	112	23.266	8.53	501
19	Reyhanlı	Bezelye 23B	134	14.240	8.51	509
20	Reyhanlı	Bezelye 27A	118	23.021	8.58	499
21	Reyhanlı	Bezelye 28	116	18.237	8.61	498
Reyhanlı bezelye ortalama			120	19.691	8.56	502
22	Altınözü	Bezelye 30A	170	8.280	8.55	493
23	Altınözü	Bezelye 31	110	7.238	8.62	490
Altınözü bezelye ortalama			140	7.759	8.59	492

Çizelge 3. (devamı)

24	Altınözü	Bakla 13	226	22.561	8.58	407
25	Altınözü	Bakla 14	226	25.965	8.55	504
26	Altınözü	Bakla 15	142	10.437	8.60	499
27	Altınözü	Bakla 16	136	8.791	8.57	524
Altınözü bakla ortalama	183	16.939	8.58	484		
28	Amik Ovası	Bakla 18	178	30.207	8.54	488
29	Amik Ovası	Bakla 19	170	24.278	8.16	538
30	Amik Ovası	Bakla 22	78	26.364	8.61	395
31	Amik Ovası	Bakla 23	66	16.203	8.63	504
32	Amik Ovası	Bakla 24	106	16.060	8.62	413
Amik Ovası bakla ortalama	120	22.622	8.51	468		
Bezelye Genel Ortalama	150	16.99	8.59	455		
Bakla Genel Ortalama	210	18.11	8.56	436		
Genel Baklagil Ortalama	178	17.84	8.58	443		
En düşük değer	6	2.74	8.16	200		
En yüksek değer	416	57.37	8.67	538		

Araştırma sonuçlarının genel etkisine göre, bakla ve bezelye bitkilerinin, kök bölgesi topraklarında yapılan CO₂ analizlerinin genel sonuçları sırasıyla, 210 ve 250 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Her iki bitkiye ait genel ortalama CO₂ sonucu 178 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak tespit edilmiştir. En düşük ve en yüksek CO₂ sonucu ise 6 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak Kumlu Bezelye toprakları ile 416 µg CO₂-C g kt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak Kırıkhan bezelye topraklarında belirlenmiştir.

Bakla ve bezelye bitkisi kök bölgesi topraklarına ait DHA Genel ortalama sonuçları sırasıyla 18.11 ve 16.99 µg TPF g kt⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Her iki bitki için genel ortalama DHA değeri 17.84 µg TPF g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek DHA sonucu ise 2.740 µg TPF g kt⁻¹ olarak Kumlu bezelye toprakları ile 57.369 µg TPF g kt⁻¹ olarak Serinyol bezelye topraklarında belirlenmiştir.

Bakla ve bezelye topraklarında belirlenen en düşük pH değeri 8.16 olarak Amik Ovası baklagil ekim alanlarında, en yüksek değer ise 8.67 olarak Kırıkhan bezelye topraklarındadır. Her iki bitki topraklarında belirlenen pH değerlerinin genel ortalama sonucu ise 8.58 olarak tespit edilmiştir. Bezelye ve bakla topraklarında tespit edilen pH değerlerinin genel ortalamaları sırasıyla, 8.59 ve 8.56 olarak belirlenmiştir. Araştırma bitkilerinden bakla ve bezelye kök bölgesi topraklarının EC sonuçlarına göre, en düşük EC değeri 200 µS cm⁻¹ olarak Serinyol bakla ekim alanlarında belirlenirken, en yüksek değer 538 µS cm⁻¹ olarak Amik Ovası Bakla topraklarında belirlenmiştir. Her iki bitki topraklarında belirlenen EC değerlerinin genel ortalama sonucu 443 µS cm⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bezelye ve bakla topraklarında tespit edilen EC değerlerinin genel ortalamaları sırasıyla, 455 ve 436 µS cm⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Araştırma genel sonuçlarına göre, sıfır hariç, en düşük ve en yüksek nodül sayısı değerleri (ad bitki⁻¹), 5 ile 596 olarak bulunmuştur. Tüm örnekler için ortalama nodül sayısı değeri, 83 olarak belirlenmiştir. En düşük nodülasyon sonuçları, yerfıstığı bitkisinde ve Reyhanlı tarım alanlarında belirlenirken, en yüksek değerler ise, Amik Ovası tarım alanlarında, bakla bitkisinde belirlenmiştir. Reyhanlı, yerfıstığı tarım alanlarında, nodül bulunmamıştır. Genel ortalama sonuçlarına göre en düşük ve en yüksek CO₂ değerleri sırasıyla 57 (Kumlu-bezelye) ve 328 (Serinyol-bakla) µg CO₂-C gkt⁻¹ 24sa⁻¹ olarak bulunurken, DHA değerleri ise 4.633 (Kumlu-bezelye) ve 27.368 (Serinyol-bezelye) µg TPF gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. pH değerleri, 8.16 (Amik Ovası-bakla)-8.67 (Kırıkhan-bezelye), EC değerleri ise 200 (Serinyol-bakla) - 538 (Amik Ovası-bakla) µS cm⁻¹ değerleri arasında değişimler göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre, yüksek nodül sayısı tespiti yapılan bazı baklagil ekim alanlarında kullanılan azotlu gübrelerin azaltılmasının ve düşük nodül sayısı değerlerine ulaşılan baklagil ekim alanlarında ise rhizobial aşılama yapılmasının ekolojik ve ekonomik kazançlar sağlayacağı belirlenmiştir.

ÖZET

Amaç: Toprak verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin korunması, tarımsal uygulamalarda kimyasal madde ve mineral gübre kullanımının azaltılması ile mümkün olabilmektedir. Tarımsal alanların sahip olduğu doğal ve ekolojik potansiyellerinden biri olan, toprak mikrobiyal aktiviteleri, doğru şekilde kullanıldığında, mineral gübre ve kimyasal madde kullanımı önemli oranlarda azalır. Bu araştırma, Hatay baklagil ekim alanlarında, rhizobial potansiyelleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Serinyol, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Altınözü, Amik Ovası, Samandağ, Anayazı, Karaali bölgelerinde geniş bir sörvey çalışması yapılarak, bakla, bezelye, yerfıstığı, barbunya, fasulye ve nohut bitkilerinde nodülasyon durumları incelenmiştir. Bitki örneklemeleri, araştırma bölgelerindeki bitkilerin çiçeklenme dönemlerine göre, her bitki için farklı tarihlerde yapılmıştır. Bitki kök örneklemeleri ile birlikte kök bölgesi toprak örneklemeleri de yapılmıştır. Nodülasyon parametrelerinden, nodül sayısı, nodül ağırlığı ve etkili nodül ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Kök bölgesi topraklarında, mikrobiyal aktiviteleri belirlemek amacıyla, CO₂ üretimi ($\mu\text{g CO}_2\text{-C gkt}^{-1} 24\text{sa}^{-1}$), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$) analiz edilmiştir. Bununla beraber toprakların pH (1:5 sulandırma) ve EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri de tespit edilmiştir.

Genel Yorum: Araştırma sonuçlarına göre, sıfır hariç, en düşük ve en yüksek nodül sayısı değerleri (adet bitki⁻¹), 5 ile 596 olarak bulunmuştur. Tüm örnekler göre ortalama nodül sayısı değeri, 83 olarak belirlenmiştir. En düşük nodülasyon sonuçları, yerfıstığı bitkisinde ve Reyhanlı tarım alanlarında belirlenirken, en yüksek değerler ise, Amik Ovası tarım alanlarında, bakla bitkisinde belirlenmiştir. Reyhanlı, yerfıstığı tarım alanlarında, nodül bulunmamıştır. Genel ortalama sonuçlarına göre en düşük ve en yüksek CO₂ değerleri sırasıyla 57 (Kumlu-bezelye) ve 328 (Serinyol-bakla) $\mu\text{g CO}_2\text{-C gkt}^{-1} 24\text{sa}^{-1}$ olarak bulunurken, DHA değerleri ise 4.633 (Kumlu-bezelye) ve 27.368 (Serinyol-bezelye) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. pH değerleri, 8.16 (Amik Ovası-bakla)-8.67 (Kırıkhan-bezelye), EC değerleri ise 200 (Serinyol-bakla) - 538 (Amik Ovası-bakla) $\mu\text{S cm}^{-1}$ değerleri arasında değişimler göstermiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Araştırma sonuçlarına göre, yüksek nodül sayısı tespiti yapılan bazı baklagil ekim alanlarında kullanılan azotlu gübrelerin azaltılmasının ve düşük nodül sayısı değerlerine ulaşılan baklagil ekim alanlarında ise rhizobial aşılama yapılmasının ekolojik ve ekonomik kazançlar sağlayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nodülasyon, rhizobial potansiyel, bakla, toprakta mikrobiyal aktivite.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı destekleyen, Mustafa Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar ve Projeler (BAP) koordinatörlüğüne teşekkür ederiz. Proje no: HMKÜ BAP 18.YL.006.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (2017) Hatay baklagil ekim alanları. Hatay Valiliği, İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. TC. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı 2017 yılı faaliyet raporu. s. 17-18.
- Anonim (2019) <https://www.uyduharita.org/hatay-haritasi-resimleri/hatay-harita/>. (Erişim tarihi: 20.06.2019).
- Barea JM, MJ Pozo, R Azco'n, C Azco'n-Aguilar (2005) Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, Vol. 56, No. 417, pp. 1761–1778, July 2005.
- Brockwell J, PJ Bottomley, JE Thies (1995) Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: A critical assessment. Plant and Soil 174: 143-180, 1995.
- Buscot F (2005) What are soils? In: Buscot F, Varma S, eds. Microorganisms in soils: roles in genesis and functions. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 3–18.
- Coskan A and Dogan K (2011) Symbiotic Nitrogen Fixation in Soybean. Soybean Physiology and Biochemistry, Hany A. El-Shemy (Ed.), ISBN: 978-953-307-534-1, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/symbiotic-nitrogen-fixation-in-soybean> (Erişim tarihi: 11.06.2019).
- Doğan K, Gök M, Coşkan A (2007). Bakteriye Aşılama ile Demir Uygulamalarının 2. Ürün Yerfıstığı Bitkisinde Nodülasyon ve Azot Fiksasyonuna Etkisi.Ç.Ü.Z.F Dergisi, 22 (3): 43-52.
- Doğan K, Sarıoğlu A, Coşkan A (2016) Contribution Of Green Manure, Rhizobium And Humic +Fulvic Acid On Recovering Soil Biologic Activity Of Olive Mill Wastewater Contaminated Soil. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LIX, p. 63-68.
- Doğan K, Demirtok M, Coşkan A, Pamiralan H (2013) Amik Ovasına Ait Bazı Toprak Serilerinde Farklı Bitki Rizosfer Bölgelerindeki Bazı Mikrobiyal Aktivitelerin Belirlenmesi. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 03-07 Haziran Nevşehir. S.161-163.
- Doğan K, Celik I, Gök M, Coşkan A (2011) Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biyomas and nitrogen content of second crop soybean. African Journal of Microbiology Research 5(20):3186-3194.

- Doğan K, Karanlık S, Ağca N, Sarioğlu A, Yabar F (2018) Antakya Sebze Ekim Alanlarında Rizosfer Toprakları Mikrobiyal Aktivitelerinin Yersel Dağılımları. 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi. 26-28 September 2018. Antalya, Turkey. S. 537-550.
- Durrant MC (2001) Controlled Protonation of Iron-Molybdenum Cofactor by Nitrogenase: A structural and theoretical Analysis. Department of Biological Chemistry, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U.K.
- Gök M, Arioğlu H, Doğan K (2008) Çukurova yerfıstığı ekim alanlarında rhizobiyal potansiyelin belirlenmesi ve bir model denemede bakteriyel aşılama ile demir uygulamalarının nodülasyon, bitki gelişimi ve verime etkisinin araştırılması. Sonuç Raporu. TÜBİTAK TOVAG 104 O 363 nolu Proje. S. 50-65.
- Gök M, Doğan K, Coşkan A, Arioğlu H (2004) Bakteriyel aşılama ile demir ve molibden uygulamalarının yerfıstığı bitkisinde nodülasyon ve biyomas oluşumuna etkisi. 3. Ulusal Gübre Kongresi "Tarım Sanayi Çevre", 11-13 ekim 2004 Tokat. Bildiriler Kitabı, 2. cilt, S. 909-920. Gök, M., Martin, P., 1993. Farklı Rhizobium Bakterileri ile Aşılamanın Soya, Üçgül ve Fiğde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- Gök M, Martin P (1993) Farklı Rhizobium Bakterileri ile Aşılamanın Soya, Üçgül ve Fiğde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- Gök M, Sağlamtimur T, Coşkan A, İnal İ, Onaç I, Tansı V (2001) Organik ve Mineral Gübrelemenin Tarla Koşullarında Toprakta Azot Transformasyonuna ve Denitrifikasyonla Azot Kaybına Etkisi. Kesin Sonuç Raporu, Proje No:TARP-1785, TÜBİTAK.
- Isermeyer H (1952) Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Böden. Z. Pflanzenaehr. Bodenkd 5. 56-60.
- Järvan M, Edesi L, Adamson A, Vösa T (2014) Soil microbial communities and dehydrogenase activity depending on farming systems. Plant Soil Environ. Vol. 60, 2014, No. 10: 459-463
- Kılıç Ş, Doğan K, Keskin SG (2013) Yanlış Arazi Kullanımı ve Anız Yakma Sorununa Çözüm Önerileri. Tralleis Elektronik Dergisi. 1 (2013) 36-44.
- Kılıç Ş, Ağca N, Karanlık S, Şenol S, Aydın M, Yalçın M, Çelik I, Evrendilek F, Uygur V, Doğan K, Aslan S, Çullu MA (2008) Amik Ovasının Detaylı Toprak Etütleri, Verimlilik Çalışması ve Arazi Kullanım Planlaması. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) Projesi, Proje no: DPT-2002K120480, Hatay, 2008.
- Kremser U ve Schnug E (2002) Impact of Fertilizers on Aquatic Ecosystems and Protection of Water Bodies From Mineral Nutrients. Landbauforschung Volkenrode. 52:81-90.
- Öhlinger R (1993) Bestimmung des Biomasse-Kohlenstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In:Schinner. F.. Öhlinger. R.. Kandler. E.. Margesin. R. (eds.). Bodenbiologische Arbeits methoden. 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin. Heidelberg.
- Sarioğlu A, Doğan K, Kızıltuğ T, Coşkan A (2017), Organo-Mineral Fertilizer Applications For Sustainable Agriculture. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LX, ISSN 2285-5785, 161-166.
- Sarioğlu A (2017) Amik Ovası Yaygın Toprak Serilerinde, Soyada Bakteri Aşılması Ve Demir Uygulamasının Azot Fiksasyonuna Etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. No: 976. Hatay. Türkiye. (yayınlanmamış).
- Şahin HC, Doğan K (2016) Amik Ovası Yaygın Toprak Serilerinin Mikrobiyal Aktiviteleri ve Bu Aktivitelerin Bazı Toprak Özellikleri ile interaksiyonları. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 21(1):92-102.
- Şakar E (2019) Organik Ve Mineral Gübre Uygulamalarının Soya Bitkisinde Azot Fiksasyonuna Ve Zeytin Karasuyunun Toksik Etkilerinin Bertarafına Etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. No: 1107. Hatay. Türkiye. (yayınlanmamış)
- Thalmann A (1967) Über die mikrobielle Aktivitaet und ihre Beziehungen zur Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenase aktivitaet (TTC-Reduktion) Diss. Giessen (FRG).
- U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USDA No: 6.
- Watts DB, Torbert HA, Feng Y, Prior SA (2010) Soil microbial community dynamics as influenced by composted dairy manure, soil properties, and landscape position. Soil Science, 175: 474-486.
- Zaldivar R (1976). Nitrate Fertilizer as Environmental Pollutants Possitive Correlation Between Nitrates used Unit are and Stomach Cancer Rates. Experienta 33/2, 264-265



Response of okra to water stress

Ali ÜNLÜKARA¹ , Bilal CEMEK² 

¹Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kayseri, Turkey.

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Samsun, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Yield response factor, abelmoschus esculentus, water regime.

✉ Corresponding author: Ali ÜNLÜKARA

✉: unlukara@erciyes.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The purpose of this study was to determine sensitivity of okra against water stress, and also examined plant growth, yield components, water consumption and water use efficiency under water stress conditions.

Methods and results: Different water amounts were applied to determine response of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Akköy 41) to water stress in a study conducted in Tokat/Turkey. The irrigation treatments consisted of the applications of 100%, 75% and 50% of depleted water from root zone of okra. The experiment was designed according to randomized block with three replications. Soil moisture along okra growing season was monitored by gravimetric method. Water consumption and fresh fruit production were found 664 mm and 28690 kg ha⁻¹, 596 mm and 24691 kg ha⁻¹ and 506 mm and 20554 kg ha⁻¹ for I100, I75 and I50 treatments, respectively. Fresh fruit yield and total dry biomass above ground were significantly affected from water stress but fruit numbers and fruit yield per plant, mean fruit weight, dry fruit yield, harvest index, irrigation water use efficiency and water use efficiency were not affected significantly.

Conclusions: Okra was found sensitive against water stress for fresh fruit yield with yield response factor of 1.22 while it was found tolerant for dry fruit yield with yield response factor of 0.71. Dry matter ratio of fruit increased from 15.1% for I100 to 18.0% for I50 treatment. It can be concluded from the results that okra under water stress promoted fruit yield against vegetative growth because of its increasing harvest index.

Significance and impact of the study: When okra grown under full irrigation conditions it should be marked as fresh to obtain higher profits. When okra exposed to water stress it should be marked after drying to prevent profit lost.

Atif / Citation: Unlukara A, Cemek B (2019) Response of okra to water stress. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :313-319

INTRODUCTION

Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is a traditional vegetable crop in many tropical, subtropical, and warmer parts of the temperate region. Okra is classified as a member of *Malvaceae* family and spread out probably from East Africa (Echo, 2003). Martin ve ark. (1981) evaluated 29 morphological characters of 585 okra accessions from all over the world. The material from Turkey had the largest sample size and was represented by 113 accessions (Duzyaman, 2005). Its Turkish name is known as "bamyâ". It is not a very

common vegetable in most European countries, except in Greece and in some parts of Turkey. It is available round the year with a peak season of summer months. Okra is primarily a southern vegetable garden plant, grown for its immature pods, which are consumed cooked either alone or in combination with other foods. There are some special varieties preferred by processing industries and others that are consumed as dried or fresh in Turkey (Çalışır ve ark., 2005). Okra is one of the important vegetables in human diet with minerals, carbo-hydrates, fats, proteins and vitamins. 100 g edible okra has 0.7 g minerals, 6.4 g carbo-hydrates, 0.2 g fats,

1.9 g proteins, 1.2 g fibers (Gopalan ve ark., 1989, Abd El-Kader ve ark., 2010). Totally 9.64 million tones okra were produced from 2.40 million ha area in 2017. Averaged okra yield of world was 4013.8 kg ha⁻¹ (FAO, 2019). The highest okra producer countries of the world are India, Nigeria and Sudan with 6 million tones, 2.06 million tones and 0.297 million tones, respectively (FAO, 2019). In Turkey, 28536 tones okra were produced from 5559 ha area (FAO, 2019) and okra production showed decreasing trend for the last decade.

Different okra yields were reported based on various irrigation systems. Siyal ve ark. (2016) reported okra yields in Pakistan as 13118 kg ha⁻¹ for alternate furrow irrigation method, as 14158 kg ha⁻¹ for conventional furrow irrigation method and as 9900 kg ha⁻¹ for flood irrigation method. In an other experiment, okra yields for different mulching conditions varied between 2.6 and 6.7 t ha⁻¹ along a drought year and varied 3.6 and 8.1 t ha⁻¹ along a wet year (Adekiya ve ark., 2017). Okra irrigated by drip system produced 17150 kg ha⁻¹ pod yield while okra irrigated by flood irrigation method produced 11980 kg ha⁻¹ in Sudan (Abubaker ve ark., 2014).

In this study, determining of okra sensitivity to water stress was aimed and water consumption, yield, biomass and water use efficiency of okra were investigated.

MATERIAL and METHODS

An experiment in the research area of Gaziosmanpaşa University in Tokat/Turkey was carried out to evaluate the effects of water stress on growth and yield of okra and to determine yield response factor of okra. The

experimental area was at 40°20'1.2" N and 36°28'24" E coordinates. Tokat province is in the Middle Black Sea Region of Turkey. Annual precipitation is 430.6 mm of which 30% (132.6 mm) fall between May and September. The warmest months are July and August (24.4 and 24.5°C) and the coldest month is January with 1.9°C average temperature (MGM, 2019). The soil of the experimental area has clay texture with 19 mm/h final infiltration rates (Figure 1). Some soil properties of the area were documented in Table 1. Akköy41 cultivar of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Akköy 41) was used for this experiment. Akköy41 belongs to the Sultani group which the most widespread group in Turkey. This group is grown for both fresh consumption and canning (İnan, 1996). Akköy41 cultivar is moderately tolerant to soil salinity with 3.48 dS m⁻¹ threshold and 4.2% yield decrease slope (Unlukara ve ark., 2008).

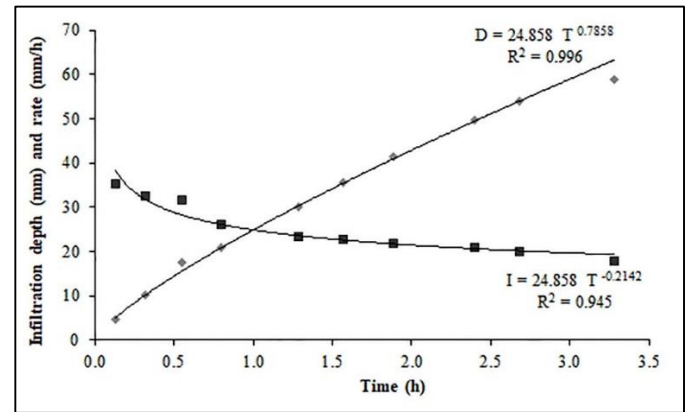


Figure 1. Cumulative infiltration and infiltration rate relationships of the experimental soil

Table 1. Some soil properties of the research area

	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	ECe (dS m ⁻¹)	pH	CaCO ₃ (%)	γ (g cm ⁻³)	θ _{fc} (cm ³ cm ⁻³)	θ _{wp} (cm ³ cm ⁻³)
0-30	28.1	27.5	44.4	0.89	8.55	13.1	1.29	0.345	0.172
30-60	29.4	28.7	42.0	0.64	8.56	13.0	1.38	0.303	0.150
60-90	27.2	26.3	46.5	0.54	8.59	14.8	1.38	0.301	0.149

Okra was exposed to three irrigation regimes named as full irrigation (I₁₀₀), slight water stress (I₇₅) and moderate water stress (I₅₀) in 2007. Depleted water by okra from 0.6 m rooting depth was determined by gravimetric soil sampling. Therefore, 100%, 75% and 50% of the depleted water from I₁₀₀, I₇₅ and I₅₀ treatments were replenished by irrigation, respectively. The experiment was set up as completely randomized design with three replications per treatment. Each treatment has a 2.5×3.0 plot sizes and 7.5 m² plot area. Okra seeds were sown

with 0.3 m spaces in rows and 0.5 m spaces between rows. So, each plot had 50 okra plants.

Okra fertilizer needs (N-P-K) were advised as 40-50 kg nitrogen ha⁻¹, 80-90 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 100-120 kg K₂O ha⁻¹ (Vural ve ark., 2000). Therefore, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ by using mono ammonium phosphate (NH₄H₂PO₄) and 120 kg K₂O ha⁻¹ by using potassium nitrate (KNO₃) fertilizers was applied. KNO₃ was divided two equal parts, one part was applied after plant emergence and other part was

applied 1 month later. Totally 38 kg N ha⁻¹ were supplied to okra with these fertilizers.

To determine the field capacity of the experiment area, three pooling points which had 1m×1m size were prepared and then saturated with irrigation water. These pooling areas were covered with polyethylene to prevent evaporation. Non destroyed soil samples were taken after three days to determine soil moisture at field capacity and to determine unit weight. Soil moisture at wilting point was determined by using pressure chamber method (Table 1).

First irrigation and last irrigation were carried out on 28 June 2007 and 17.09.2007, respectively. Eleven irrigation were performed in irrigation season nearly with a week interval. Gravimetric soil samples were taken each plot from 0-30, 30-60 and 60-90 cm soil layers. The samples were weighed and dried at 105°C in an oven then soil moisture content ratios were determined as follows:

$$\theta_a = \frac{W_s - W_{ds}}{W_{ds} - W_t} \quad \text{Eq. (1)}$$

θ_a is actual soil moisture ratio before irrigation, W_s is soil sample mass with sample cup (g), W_{ds} is oven dried sample mass with sample cup (g) and W_t is sample cup mass (g). After determination of soil moisture ratios of the plots, irrigation water amounts were determined as follows:

$$I = (\theta_{fc} - \theta_a) \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot D \cdot A \cdot C \quad \text{Eq. (2)}$$

I is irrigation water amount (liters), θ_{fc} is soil moisture ratio at field capacity (g g⁻¹), θ_a is actual soil moisture ratio before irrigation (g g⁻¹), γ_s is soil unit mass (g cm⁻³), γ_w is water density (1 g cm⁻³), D is rooting depth for irrigation (600 mm), A is plot area (7.5 m²) and C is a coefficient based on irrigation treatments. C are 1, 0.75 and 0.50 for I_{100} , I_{75} and I_{50} treatments, respectively. Irrigation water amounts of any plots were filled a barrel and then applied to plots by siphoning.

Evapotranspiration (ET) between two consecutive irrigations (evapotranspiration of the irrigation interval) was calculated by using water balance equation as follows:

$$ET = \frac{I}{A} + R + (\theta_{an-1} - \theta_{an}) \cdot D - d_p \quad \text{Eq. (3)}$$

Where, ET is okra evapotranspiration (mm), I is irrigation water amount applied (liter), A is plot area (m²), R is rainfall (mm), θ_{an-1} is root zone actual soil moisture ratio for $n-1$ th irrigation event, θ_{an} is root zone actual soil

moisture ratio for n th irrigation event, D is rooting depth for irrigation (600 mm) and d_p is deep percolation (mm). Deep percolation was estimated by using soil moisture contents for 60-90 cm soil layer. Soil moisture increment for this layer was considered as deep percolation but soil moisture decrement was calculated in crop evapotranspiration.

Totally twelve times harvests were performed. Three rows at the middle of plots were harvested by considering side effects. The harvested fruits were weighted as fresh and oven-dried at 70°C to a constant dry weight. After the last harvest, the plants were cut at 1 cm above the soil surface. Vegetative fresh mass of plants was weighed and then some plant samples were taken to determine dry matter contents. Total dry matter yield was calculated by summing vegetative and fruit dry yield. Plant heights and stem diameters were also measured at the last harvest.

Yield response factors of fresh and dry fruit yields were determined as follows (Doorenbos ve Kassam, 1986):

$$\frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = k_y \cdot \frac{ET_m - ET_a}{ET_m} \quad \text{Eq. (4)}$$

Where, Y_m is maximum fresh or dry fruit yield from I_{100} (kg/ha), Y_a are actual fresh or dry fruit yields from water stress treatments and k_y is yield response factor.

The experimental data were analyzed by SPSS 13.0 statistical analysis software. The General Linear Model procedure was used to perform analysis of variance. Duncan's multiple range test was used to separate means of the data found significant at less than 0.05 level.

RESULTS and DISCUSSION

Soil moisture content, irrigation and okra evapotranspiration

Sowing was performed in 20.05.2007 and last harvest was performed in 28.09.2007. Total growing season of okra lasted 131 days in Tokat/Turkey. Irrigation water amounts, rainfall in the growing season, soil moisture differences between sowing and harvesting, and water consumption of okra were listed in Table 2. Totally 11 times irrigations were carried out with one week interval. Irrigation amounts applied to the treatments changed significantly. Okra evapotranspiration (ET) varied 594-757 mm according to the treatments. These differences in okra evapotranspiration were found significant at $p < 0.01$ probability level. The highest evapotranspiration were determined as 757 mm for I_{100} treatment and the lowest one as 594 mm for I_{50}

treatment (Table 2). Okra exposed to I_{75} and I_{50} treatments were consumed 7.4% and 21.5% less water than water consumed in I_{100} treatment. Therefore, okra

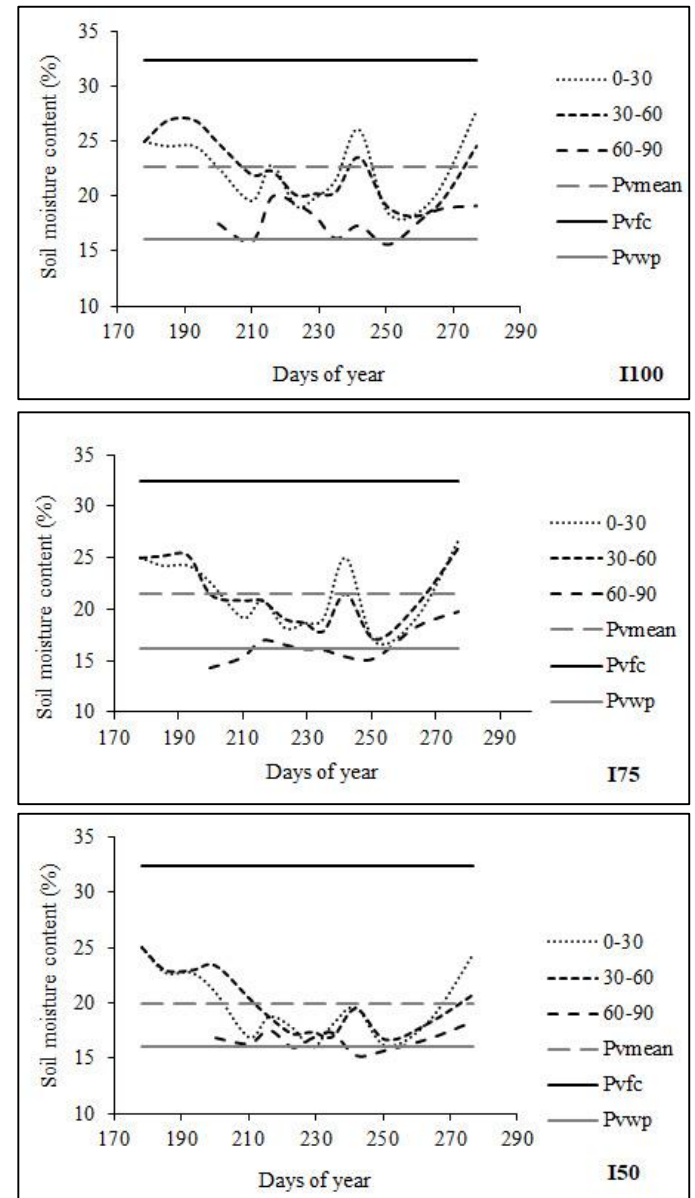
plants in I_{75} and I_{50} experienced light and moderate water stresses.

Table 2. Okra evapotranspiration (ET) and its components based on soil moisture budgeted.

	Rainfall (mm)	Irrigation (mm)	Deep percolation (mm)	Soil moisture difference (mm)	ET (mm)
I_{100}	73	606	-9	87	757
I_{75}	73	551	-10	87	701
I_{50}	73	422	-3	102	594

In an experiment, irrigation water amounts of 248 mm and 497 mm were applied to okra by alternate furrow and conventional furrow irrigation methods, and okra yield 7.3% decreased at non significant level for alternate furrow irrigation method (Siyal ve ark., 2016). Soil moisture content of treatments 1 day before irrigations were presented in Figure 2. Soil water contents fluctuated around 22.6% for I_{100} , 21.5% for I_{75} and 19.9% for I_{50} in growing season. Soil moisture contents in 60-90 cm soil layer below 60 cm-root zone were determined around 17.7%, 16.4% and 16.7% for I_{100} , I_{75} and I_{50} , respectively. Soil moisture contents in 60-90 soil layer for I_{100} , I_{75} and I_{50} were differed as 0.2%, 2.2% and -0.1% from soil moisture contents at the beginning of irrigation seasons. Mean soil moisture content in 60 cm-rooting depth at field capacity was determined as 32.4% and was as 16.1% at wilting point (Table 1). Therefore, total available soil moisture was 16.3% for the rooting depth. It can be concluded based on soil moisture graphics in Figure 2 that irrigations were performed at depletion factors around $p=0.60$ for I_{100} , $p=0.67$ for I_{75} and $p=0.77$ for I_{50} .

In a two-year experiment (Panigrahi ve Sahu, 2013), okra irrigations were performed when 25% and 50% of available soil moisture were depleted. Okra yields for partial root zone irrigation were reported as 12,883.6 kg ha⁻¹ and 12,858.9 kg ha⁻¹ at available water depletion factors of 25% and 50%. Okra yielded 16,771.5 and 16,008.4 kg ha⁻¹ for full irrigation at the same water depletion factors, respectively. According to findings of Panigrahi and Sahu (2013), we can not see any yield differences between irrigations performed at these two water depletion factors. In our experiment, significant reductions in fresh pod yield of okra were observed when okra was irrigated after depletion of 60% available soil moisture (Table 3). Therefore, okra irrigations at around 0.5 water depletion factor appear suitable to obtaine higher yield.



Şekil 2. Volumetric soil moisture variations 1 day before irrigations for I_{100} , I_{75} ve I_{50} treatments

Okra dry biomass yield, fresh and dry pod yields

Total dry biomass yield of okra above soil surface varied between 4862 and 9119 kg ha⁻¹ in this experiment. The dry biomass yield differences of okra were found significant at 0.05 level according to irrigation treatments. Dry biomass yields were found 7848 kg ha⁻¹ for I₁₀₀, 6475 kg ha⁻¹ for I₇₅ and 5617 kg ha⁻¹ for I₅₀ (Table 3). Dry biomass yield for I₇₅ was 17.5% lower than I₁₀₀ and was 28.4% lower for I₅₀. Mean dry matter ratio of okra plant at harvest were determined as 24.6% while mean dry matter ratio of okra podes were determined as 16%. Okra produced around 1.1 kg dry biomass yield

above soil surface for each cubic meter water. Harvest index, which is ratio of dry pod yield to dry biomass, were found as 0.56, 0.58 and 0.66 for I₁₀₀, I₇₅ and I₅₀ treatments, respectively (Figure 3). Although an increasing harvest index trend with water stress were observed, differences among treatments were not found significant. But a strong strong negative relationship (R= 0.78) was found between okra evapotranspiration and harvest index or a positive relationship (R= 0.78) was found between okra relative evapotranspiration stress and harvest index (Figure 3).

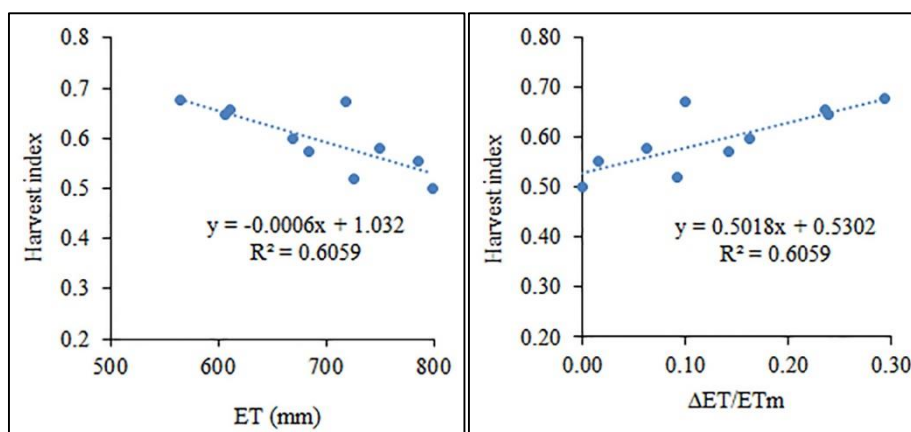


Figure 3. Relationships between evapotranspiration-harvest index and between water stress-harvest index.

Mean pod numbers per plant was determined as 45.2 and varied between 34.7 and 64 (Table 3). I₁₀₀, I₇₅ and I₅₀ treatments yielded 47.5, 46 and 41.4 pod number per plant but the differences among the treatments were not found significant. Mean fresh pod yield per plant was 472 g and varied between 344 g and 666 g. Averaged each fresh and dry pod weights were determined 10.4 g and 1.7 g, respectively. Irrigation regimes affected neither pod yields per plant nor mean pod weight. Mean fresh pod yield was found as 24864 kg ha⁻¹ and varied between 17699 and 32092 kg ha⁻¹. Irrigation

regimes affected fresh pod yield significantly (p<0.05). I₁₀₀, I₇₅ and I₅₀ treatments yielded 28226, 24619 and 20554 kg fresh okra pods per ha. The highest fresh yield was obtained from I₁₀₀ and the lowest one was obtained from I₅₀. I₇₅ and I₅₀ treatments produced 12.5% and 27.2% less fresh pod than I₁₀₀ although their evapotranspiration reduction ratios were 11% and 24%, respectively.

Okra yield in our experiment was found considerably higher than world okra mean yield 4013.8 kg ha⁻¹ and than the highest yields as 14158 kg ha⁻¹ obtained by Siyal ve ark (2016), 8100 kg ha⁻¹ by Adekiya ve ark (2017) and 17150 kg ha⁻¹ by Abubaker ve ark (2014).

Table 3. Okra fresh and dry pod yields, biomass, dry matter ratio and harvest index

Treatment	Plant Pod number	Mean Pod weight (g)	Plant pod yield (g)	Pod yield (kg ha ⁻¹)	Dry pod yield (kg ha ⁻¹)	Dry biomass (kg ha ⁻¹)	Pod dry matter ratio (%)	Harvest index
I ₁₀₀	47.5	10.7	505	28226 a	4375	7848 a	15.50	0.56
I ₇₅	46.0	10.4	481	24691 ab	3783	6475 ab	15.32	0.58
I ₅₀	41.4	10.1	419	20554 b	3700	5617 b	18.00	0.66
Mean	45.2	10.4	472	24864	3994	6767	16.27	0.60

Water use efficiency and yield response factor of okra

Fresh pod yields between 4.51-4.89 kg, dry pod yields between 0.73-0.87 kg and dry biomass yields between 1.19-1.33 kg were obtained per 1 m³ irrigation water. Fresh pod yields between 3.46-3.76 kg, dry pod yields

between 0.57-0.63 kg and dry biomass yields between 1.05-1.17 kg were also obtained per 1 m³ consumed water (Table 4). Non significant differences for water use efficiencies were observed for the treatments.

Table 4. Okra irrigation water use efficiency (IWUE) and water use efficiency (WUE)

	Fresh pot		Dry pot		Dry biomass	
	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
I ₁₀₀	4.69	3.76	0.73	0.58	1.30	1.17
I ₇₅	4.51	3.54	0.73	0.57	1.19	1.05
I ₅₀	4.86	3.46	0.87	0.63	1.33	1.09
Mean	4.69	3.60	0.77	0.59	1.27	1.11

Irrigation water use efficiencies were determined as 5.29 kg m⁻³ for alternate furrow irrigation, as 2.78 kg m⁻³ for conventional furrow irrigation and as 1.37 kg m⁻³ for flood irrigation (Siyal ve ark., 2016). In an other experiment, irrigation water use efficiencies as 8.41-9.18

kg m⁻³ for alternate partial root zone irrigation, as 6.98-7.85 kg m⁻³ for fixed partial root zone irrigation and as 6.79-7.25 kg m⁻³ for full irrigation water use efficiencies were reported (Panigrahi ve Sahu, 2013).

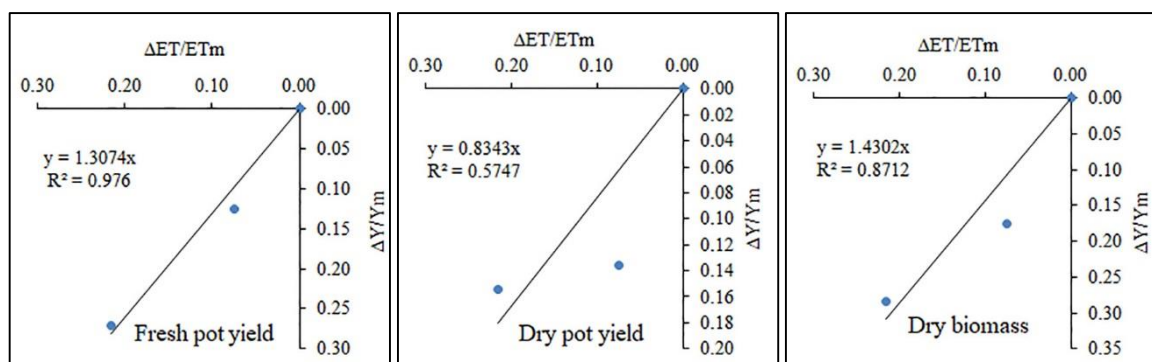


Figure 4. Relationship of okra between relative water consumption decrease and relative yield decrease

Okra was exposed to water stress along growing season, and yield response factors of okra were determined as $k_y = 1.31$ for fresh pod yield, as $k_y = 0.83$ for dry pod yield and $k_y = 1.43$ for dry biomass (Figure 4). Okra sensitivity to water stress was found sensitive for fresh pod and dry biomass yields but was found tolerant for dry pod yield. Although water consumption of I₇₅ decreased only 7%, fresh and dry pod yield decreased 13 and 14%, respectively. Fresh and dry pod yield decreased 27% and 15%, respectively while water consumption of I₅₀ treatment decreased 22%. Sensitivity difference in yield response factor for fresh and dry pod yield of okra resulted from dry matter content differences. Dry matter ratios of okra for I₁₀₀, I₇₅ and I₅₀ were found as 15.5%, 15.3% and 18%, respectively. For this reason, dry pod yield in I₅₀ was relatively higher than fresh pod yield and higher dry pod ratio alleviated water stress effects, relatively. Okra dry biomass sensitivity to water stress was found higher than water stress sensitivity of fresh

pod yield (Figure 4). From this finding and also from harvest index finding, we concluded that okra delivers higher photosynthetic matter to its pods than it delivers to vegetative growth under water stress conditions.

CONCLUSIONS

Depleted water in 60 cm-rooting depth were applied with three different ratios (100%, 75% and 50%) to Akköy okra cultivar in this experiment, conducted in semi-arid Tokat/Turkey conditions. Fresh and dry pod yields, dry biomass, water consumption, water use efficiencies, harvest index and yield response factor of okra were investigated for full and deficit irrigation conditions. Conclusions based on findings of this experiment were listed briefly as follows:

Okra effectively used soil moisture stored in 60 cm rooting depth and did not uptake soil water below 60 cm

soil layer considerably. Irrigation practices based on 60 cm rooting depth appears suitable for okra.

Irrigation practices were carried out after depletion of 60% of total available water or around $p=0.6$ depletion factor and considerably higher pod yield was obtained under full irrigation conditions. Okra pod yield decreased when irrigation practices were performed with higher depletion factor big than 0.6. Therefore, irrigation of okra should be performed before depletion of 50% of total available soil moisture to produce higher yield.

Okra pod yield and dry biomass yield were decreased under water stress conditions but dry matter ratios of okra increased. Dry pod yield under water stress conditions decreased relatively less than fresh pod yield. Okra could be defined as sensitive to water stress for fresh pod yield but could be defined as tolerant for dry pod yield.

Okra harvest index was increased with increasing water stress. Therefore, okra preferred to hasten its pod yield instead of improving vegetative growth under water stress conditions.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

REFERENCES

- Abubaker BMA, Ahadi M, Shuang-En Y, Guang-Cheng S (2014). Different Irrigation Methods for Okra Crop Production under Semi-arid Conditions. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 3 (4): 787-794.
- Adekiya AO, Agbede TM, Aboyeji CM, Dunsin O (2017). Response of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and soil properties to different mulch materials in different cropping seasons. *Scientia Horticulturae*, 217: 209-216.
- Çalışır S, Özcan M, Haciseferogullari H, Yildiz MU (2005). A study on some physicochemical properties of Turkey okra *Hibiscus esculenta* L. seeds. *J. Food. Eng.*, 68, 73–78.
- Doorenbos J, Kassam AH (1986). Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*, Rome. pp 193.
- Düzyaman E (2005). Phenotypic diversity within a collection of distinct okra *Abelmoschus esculentus* cultivars derived from Turkish land races. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 52, 1019–1030.
- Echo (2003). Plant Information Sheet. N.F.T Meyers, USA <http://echonet.org/>.
- FAO (2019). Crop production statistics. Retrieved August 23, 2019, from, www.fao.org.
- Gopalan C, Rama Sastri BV, Balasubramanian SC (1989). Nutritive value of Indian foods. National Institute of Nutrition. ICMR, Hyderabad, India.
- İnan Y (1996). "Breeding report on the Denizli okra cultivar." Rep. No.113, Atatürk Central Horticultural Research Institute, Yalova, Turkey.
- Martin FW, Rhodes A M, Ortiz M, Diaz F (1981). Variation in okra. *Euphytica*, 30, 697–705.
- MGM, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Retrieved August 15, 2019, from, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TOKAT>
- Opong Danso E, Abenney-Mickson S, Sabi EB, Plauborg F, Abekoe M, Kugblenu YO, Jensen CR, Andersen MN (2015). Effect of different fertilization and irrigation methods on nitrogen uptake, intercepted radiation and yield of okra (*Abelmoschus esculentum* L.) grown in the Keta Sand Spit of Southeast Ghana. *Agricultural Water Management*, 147: 34-32.
- Panigrahi P, Sahu NN (2013). Evapotranspiration and yield of okra as affected by partial root-zone furrow irrigation. *International Journal of Plant Production*, 7 (1): 33-54.
- Siyal AA, Mashari AS, Bristow KL, van Genuchten MTh (2016). Alternative furrow irrigation can radically improve water productivity. *Agricultural Water Management*, 173: 55-60.
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir/Türkiye. 440 s.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E (2008). Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*, 134 (2): 160-166.