

**TOPRAK SU DERGİSİ
ÖZEL SAYI**

**SOIL WATER JOURNAL
SPECIAL ISSUE**

**ISSN: 2146-7072
E-ISSN: 2148-5534**

2019



TUBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veri Tabanı (Tarım Bilimleri) Tarafından taranmaktadır.

Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agricultural Sciences Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik Tarafından Yayınlanmaktadır.

Published by TUBİTAK-ULAKBİM Turkish JournalPark Academic Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik EBSCO Tarafından taranmaktadır.

Indexed by Turkish JournalPark Academic EBSCO Database.

Soil Water Journal
Special Issue
ISSN: 2146-7072
E-ISSN: 2148-5534

5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi
12-15 Eylül 2017
Kırklareli, Türkiye



Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

TOPRAK SU DERGİSİ

SOIL WATER JOURNAL

Yayın Sahibinin Adı / Published by
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Adına
Enstitü Müdürü

On behalf of the Central Research Institute of Soil Fertilizer and Water Resources
Director of Institute
Aynur ÖZBAHÇE

Editör / Editör-in-Chief
Mesut YILDIRIR

Yardımcı Editör / Atilla POLAT

Yayın Kurulu / Editorial Board
Suat AKGÜL, Pinar BAHÇECİ ALSAN, Oğuz BAŞKAN, Esin ERDOĞAN, Sevinç USLU KIRAN,
Hesna ÖZCAN, İlkur YURDAKUL

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor
Fahri KAYAALP

Yayın Türü : Yaygın Süreli Yayın
Type of Publication: Widely Distributed Periodical

Yayın Dili : Türkçe ve İngilizce
Language: Turkish and English

Hakemli bir dergidir
Peer reviewed journal

Yılda iki kez yayınlanır
Published two times a year

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

Kapak Tasarım : Hüseyin Oğuzhan BEŞEN

Grafik Tasarım : Filiz ERYILMAZ

Basım Tarihi (Gün/Ay/Yıl)/Yeri: 24 Aralık 2019 Tarım ve Orman Bakanlığı - Eğitim ve Yayın Dairesi
Başkanlığı İvedik Caddesi Bankacılar Sokak No: 10 Yenimahalle, Ankara Türkiye

Yayın İdare Merkezi Adresi (Postal Addresses) : Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
İstanbul Yolu Üzeri, No : 32, 06170, Yenimahalle, Ankara - TÜRKİYE.

Yayın İdare Merkezi Tel : (+90 312) 315 65 60 **Belgegeçer / Fax :** (+90 312) 315 29 31

E-posta / E-mail : editor@topraksudergisi.gov.tr

Dergi Web Sayfası / Journal Home Page : http://www.topraksudergisi.gov.tr

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

Soil Water Journal
Toprak Su Dergisi

2019

Special Issue
Özel Sayı

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

KONGRE ONUR KURULU* (Honor Board)*

Orhan ÇİFTÇİ

(Kırklareli Valisi - Governor of Kırklareli)

Mehmet Siyam KESİMOĞLU

(Kırklareli Belediye Başkanı – Mayor of Kırklareli)

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

(K.S.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanı)

Dr. Nevzat BİRİŞİK

(Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürü)
(General Director of Agricultural Research and Policy)

Dr. Fatih BAKANOĞULLARI

(Kongre Başkanı)
(President of Congress)
(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürü)
(Director of Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

DÜZENLEME KURULU* (Regulatory Board)*

Dr. Müslüm BEYAZGÜL

(Bakan Danışmanı)
Advisor to the Minister)

Ümit ORTAN

(Kırklareli İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdür V.)
(Director of Kırklareli Provincial Food and Agriculture Livestock)

Dr. Necati TULGAR

(TAGEM Genel Müdür Yardımcısı)
(TAGEM Deputy of General Director)

Dr. Bülent SÖNMEZ

(TAGEM Toprak ve Su Kaynakları Araştırmaları Daire Başkanı)
(TAGEM Soil and Water Resources Department Head)

Dr. Kadriye KALINBACAK

(TAGEM Toprak Yönetimi ve Tarımsal Mekanizasyon Koordinatörü)
(TAGEM Soil Management and Agricultural Mechanization Coordinator)

Dr. Yaşar İnci TEKELİ

(TAGEM İklim Değişikliği ve Tarımsal Ekoloji Koordinatörü)
(TAGEM Climate Change and Agricultural Ecology Coordinator)

Şule KÜÇÜKÇOŞKUN

(TAGEM Tarımsal Sulama ve Arazi Islahı Koordinatörü)
(TAGEM Agricultural Irrigation and Land Reclamation Coordinator)

Dr. Mehmet Ali GÜRBÜZ

(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü)
(Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

Dr. Erol ÖZKAN

(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü)
(Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

Dr. Ulviye ÇEBİ

(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü)
(Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

Dr. Başak AYDIN

(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü)
(Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

Dr. Erdem BAHAR

(Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü)
(Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute)

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

DÜZENLEME KURULU (REGULATORY BOARD)

Doç. Dr. Adnan TÜLEK

(Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü)
(Thrace Agricultural Research Institute)

Dr. Cengiz ÖZER

(Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü)
(Tekirdağ Viticulture Research Institute)

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

(Kırklareli Üniversitesi Rektörü)
(Chancellor of Kırklareli University)

Prof. Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU

(Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı)
(Dean of Namık Kemal University Agricultural Faculty)

Prof. Dr. Yalçın KAYA

(Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik Bölüm Başkanı)
(Department Head of Thrace University Engineering Faculty Genetics and Bioengineering Faculty)

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

BİLİM KURULU* (Scientific Committee)*

Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

(Namık Kemal Üniversitesi) / (Namık Kemal University)

Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR

(Namık Kemal Üniversitesi) / (Namık Kemal University)

Prof. Dr. Zühal AKYÜREK

(Orta Doğu Teknik Üniversitesi) / (Middle East Technical University)

Prof. Dr. Selçuk ALBUT

(Namık Kemal Üniversitesi) / (Namık Kemal University)

Prof. Dr. Gönül AYDIN

(Adnan Menderes Üniversitesi) / (Adnan Menderes University)

Prof. Dr. Ömer AZABAĞAOĞLU

(Namık Kemal Üniversitesi) / (Namık Kemal University)

Prof. Dr. İbrahim BAKTİR

(Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi) / (International Cyprus University)

Prof. Dr. Vedat CEYHAN

(Ondokuz Mayıs Üniversitesi) / (Ondokuz Mayıs University)

Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK

(Sabancı Üniversitesi) / (Sabancı University)

Prof. Dr. Recep ÇAKIR

(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) / (Çanakkale Onsekiz Mart University)

Prof. Dr. Öner ÇETİN

(Dicle Üniversitesi) / (Dicle University)

Prof. Dr. İlkay DELLAL

(Ankara Üniversitesi) / (Ankara University)

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

(Uludağ Üniversitesi) / (Uludağ University)

Prof. Dr. Orhan DOĞAN

(ÇEM Genel Müdürlüğü) / (ÇEM General Directorate)

Prof. Dr. Josef EITZINGER

(University of Natural Resources and Life Sciences, Austria)

Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ

(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) / (Çanakkale Onsekiz Mart University)

Prof. Dr. Günay ERPUL

(Ankara Üniversitesi) / (Ankara University)

Prof. Dr. Donald GABRIELS

(Ghent University, Belgium)

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

BİLİM KURULU* (Scientific Committee)*

Prof. Dr. Bülent GÜLÇUBUK

(Ankara Üniversitesi) / (Ankara University)

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

(Ankara Üniversitesi) / (Ankara University)

Prof. Dr. Rıza KANBER

(Emekli Öğretim Üyesi) / (Retired Academic Member)

Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) / (Çanakkale Onsekiz Mart University)

Prof. Dr. İsmail KAVDIR

(Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) / (Çanakkale Onsekiz Mart University)

Prof. Dr. Zerefşan KAYMAZ

(İstanbul Teknik Üniversitesi) / (İstanbul Technical University)

Prof. Dr. Kasım KOÇAK

(İstanbul Teknik Üniversitesi) / (İstanbul Technical University)

Prof. Dr. Süleyman KODAL

(Ankara Üniversitesi) / (Ankara University)

Prof. Dr. Fatih KONUKÇU

(Namık Kemal Üniversitesi) / (Namık Kemal University)

Prof. Dr. Ayten NAMLI

(Toprak Bilimi Derneği) / (Soil Science Society of Turkey)

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

(Atatürk Üniversitesi) / (Atatürk University)

Prof. Dr. Alaettin TAYSUN

(Emekli Öğretim Üyesi) / (Retired Academic Member)

Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL

(Ege Üniversitesi) / (Ege University)

Prof. Dr. Sait SEZGİN

(Selçuk Üniversitesi – Selçuk University)

Prof. Dr. Levent ŞAYLAN

(İstanbul Teknik Üniversitesi – İstanbul Technical University)

Prof. Dr. Suat ŞENOL

(Çukurova Üniversitesi – Çukurova University)

Prof. Dr. Ali Ünal ŞORMAN

(Yakın Doğu Üniversitesi, KKTC – Near East University)

Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

(Ankara Üniversitesi – Ankara University)

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

BİLİM KURULU* (Scientific Committee)*

Prof. Dr. Engin YURTSEVEN

(Ankara Üniversitesi – Ankara University)

Prof. Dr. Tekin KARA

(Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Ondokuz Mayıs University)

Doç. Dr. Oğuz BAŞKAN

(Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute)

Doç. Dr. Füsün EKMEKYAPAR

(Namık Kemal Üniversitesi – Namık Kemal University)

Doç. Dr. Sema KALE ÇELİK

(Süleyman Demirel Üniversitesi – Süleyman Demirel University)

Doç. Dr. E. Selim KÖKSAL

(Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Ondokuz Mayıs University)

Doç. Dr. Branislava LALIC

(Faculty of Agriculture University of Novi Sad Serbia)

Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE

(Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute)

Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

(Ankara Üniversitesi – Ankara University)

Doç. Dr. Philipp WEIHS

(University of Natural Resources and Life Sciences, Austria)

Yrd. Doç. Dr. Barış ÇALDAĞ

(İstanbul Teknik Üniversitesi – İstanbul Technical University)

Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat TARI

(Harran Üniversitesi- Harran University)

Dr. Claus Aage Gron SØRENSEN

(Aarus University, Denmark)

Dr. Suat AKGÜL

(Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute)

Dr. Köksal AYDINŞAKİR

(Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Batı Akdeniz Agricultural Research Institute)

Dr. Betül BAYRAKLI

(Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Black Sea Agricultural Research Institute)

Dr. Salih EVREN

(Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – East Anatolian Agricultural Research Institute)

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

BİLİM KURULU* (Scientific Committee)*

Dr. Zinnur GÖZÜBÜYÜK

(Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – East Anatolian Agricultural Research Institute)

Dr. Gonca GÜL YAVUZ

(Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü – Agricultural Economic and Policy Development Institute)

Dr. Yusuf IŞIK

(Konya Toprak, Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Konya Soil, Water and Deserting Control Research Institute)

Dr. Selçuk KARABAT

(Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Viticulture Research Institute)

Dr. Darrell NORTON

(USDA, Purdue University, USA)

Dr. Hesna ÖZCAN

(Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Soil, Fertilizer and Water Resources Central Research Institute)

Dr. Nejat ÖZDEN

(Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü – International Agricultural Research and Training Center)

Dr. Filiz PEZİKOĞLU

(Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Atatürk Horticultural Central Research Institute)

Dr. Mahmut POLAT

(Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Transitional Zone Agricultural Research Institute)

Dr. Betül SAYIN

(Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Batı Akdeniz Agricultural Research Institute)

Dr. Meral TAŞ

(GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Batı Akdeniz Agricultural Research Institute)

Dr. Kadir UÇGUN

(Eğirdir Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eğirdir Fruit Research Institute)

Dr. Yasemin VURARAK

(Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü – Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute)

Soil Water Journal
Toprak Su Dergisi

2019

Special Issue
Özel Sayı

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

SEKRETERYA* (Congress Secretariat)*

Dr. Ülviye KAMBUROĞLU ÇEBİ
Ulaş AY
Emel KAYALI
Ozan ÖZTÜRK
Selçuk ÖZER

YAZIM KURULU* (Editing Board)*

Dr. Başak AYDIN
Serhan YEŞİLKÖY
İlker KURŞUN
İ. Engin KAYHAN

EDİTÖR* (Editor)*

Dr. Başak AYDIN

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

Destekleyenler / Sponsored by

ALTIN SPONSOR



KONGRE ÇANTA VE FLASH BELLEK SPONSORLARI



GÜMÜŞ SPONSORLAR



BRONZ SPONSORLAR



KIRKLARELİ İLİ
DAMIZLIK
KOYUN-KEÇİ
YETİŞTİRİCİLERİ
BİRLİĞİ

STAND ALANI SPONSORLARI



KATILIM SERTİFİKASI KALEM-BLOKNOT VE TANITIM BROŞÜRÜ AFİŞ SPONSORLARI



ULAŞIM SPONSORLARI



Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 12-15 Eylül 2017 tarihlerinde Kırklareli’nde gerçekleştirilmiştir. Toprak ve su kaynakları sürekli olarak artan bir öneme sahip, en önemli stratejik kaynaklarımızdır. Son yıllarda dünyada artan gıda ihtiyacı ile birlikte tarımsal kaynakların üzerindeki baskı da artmaktadır. Bu koşullarda modern tarımla birlikte kalkınma ve üretim artışı gerçekleşirken toprak ve su kaynaklarımızın korunması ve geliştirilmesi için üzerimize çok önemli görevler düşmektedir.

Mensubu bulunduğum Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü’ ülkemiz çapında toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için 60 yılı aşkın bir süredir Türkiye topraklarının etüdü, sınıflandırılması, haritalanması, toprak verimliliğinin korunması, tarımsal sulama yönetimi konularında araştırma ve geliştirme yapmak gibi önemli ve zor görevleri üstlenmektedir. Bu nedenle Türkiye’de toprak ve su kaynakları konusunda gerçekleştirilen uluslararası katılımlı kongrede seçili bildirimlerin Enstitümüz dergisinde özel sayı olarak yayınlanmasının önemli olacağını değerlendirdik.

Ülkemiz zengin bir tarımsal biyoçeşitliliğe ve üretim potansiyeline sahiptir. Bu üretim potansiyelinin sürekli geliştirilmesi için tarımsal ar-ge çalışmalarının büyük bir etki gücü vardır. Tarımsal ar-ge ile ihtiyaç duyduğumuz alanlarda yeni bilgiler üretmekte ve mevcut sorunları çözmekteyiz. Toprak ve su kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilir kullanımı noktasında yaptığımız ar-ge çalışmaları ile tarımsal verimliliği ve gıda güvenliğine çok büyük katkılar yapmaktayız ve daha etkili sonuçlar alacağımıza inancım tamdır.

Başta kongreyi düzenleyen kişi ve kurumlar olmak üzere kongreye katkı veren ulusal ve uluslararası tüm paydaşlara teşekkür eder, Kongrede sunulan seçilmiş bildirimlerden oluşan bu özel sayının Türkiye tarımına katkı vermesini temenni ederim.

Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE
Toprak, Gübre ve Su Kaynakları
Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürü

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

Toprak, Su Dergisi olarak, tarım bilimleri alanında yapılan özgün araştırmalar ile toprak ve su kaynakları hakkında yapılan bilimsel çalışmaları yayınlanmaktayız. Bilimsel çalışmaları daha fazla sayıda okuyucuya ulaştırarak farkındalığı artırmak amacını taşıtmaktayız. Bu amaçla Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından, değerli bilim insanlarının katkıları ile dergimiz yılda iki sefer yayınlanmaktadır. 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi'nde sunulan bildirilerden seçilmiş olanları dergimizin özel sayısı olarak yayınlamak ve ülkemiz bilim literatürüne bu anlamda katkı vermenin kıvancını taşıtmaktayız.

Ülkemizde gerçekleştirilen uluslararası katılımlı toprak ve su kaynakları temalı kongrenin düzenlenmesinde ve dergimizce özel sayı olarak yayına hazırlanmasında emeği geçen tüm paydaşlara teşekkür ederiz.

Dr. Mesut YILDIRIR

Editör

Toprak, Su Dergisi

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

İÇİNDEKİLER (Contents)
Araştırmalar (Research Articles)

- 1- Karaman İli Potansiyel Evapotranspirasyon Tahmini**
Estimation of Potential Evapotranspiration in the Karaman Province
Soner Çağatay BAĞÇACI, Nermin ŞARLAK..... 1-8
- 2- Bazı Yem Bitkileri Karışımlarında Farklı Hasat ve Muhafaza Sistemlerinin Yem Kalitesi Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi**
Determination of Effects of Different Harvesting and Storage Systems Feed Quality for Some Forage Mixtures
Yasemin VURARAK, Ahmet İNCE 9-14
- 3- Mikro Havza Ölçeğinde Erozyona Duyarlılık Parametreleri İle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi**
Relationships Between Erodibility And Some Soil Properties Of Soils In Micro Chatchment Scale
Fikret SAYGIN, Orhan DENGİZ, Serkan İÇ 15-23
- 4- Bulanık Yapay Sinir Ağları ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Günlük Buharlaştırma Tahmini**
Estimation of Daily Evaporation Using Fuzzy Artificial Neural Network (ANFIS) and Multilayer Artificial Neural Network System (YSA)
Demet YILDIRIM, Bilal CEMEK, Erdem KÜÇÜKTOPCU 24-31
- 5- Jeotermal Kaynakların Tarımsal Sulama Suyu Kirliliği ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi**
Assessing Impact of Geothermal Resources on Quality and Pollution of Agricultural Irrigation Waters
Harun TORUNLAR, Murat GÜVEN TUĞAÇ, Dilek KAYA ÖZDOĞAN, Gamze DEPEL, Nevzat DEREKÖY..... 32-45
- 6- Arıtılmış Evsel Kaynaklı Atıksularla Sulanan Marul ve Toprakta Patojenik Bulaşıklığın Belirlenmesi**
Patogenic Contamination on Lettuce and Soil Irrigated by Treated Domestic Waste Water
Perihan TARI AKAP, Mehmet GÜNDÜZ, Şerafettin AŞIK, Şener ÖZÇELİK..... 46-50
- 7- Samsun İli Sebze ve Meyve Üreticilerinin İyi Tarım Uygulamalarına (İTU) Yaklaşımı**
Approaches of Vegetable and Fruit Producers to Good Agricultural Practices (GAP) in Samsun Province
Mehmet AYDOĞAN, Başak AYDIN, Necla TOPÇU, Yunus Emre TERZİ 51-60

8- Çukurova Koşullarında Tarımsal İşletme Çatılarında Fotovoltaik Sistemlerin Tekno-Ekonomik Yönden Tasarımı

Techno-Economic Design of Photovoltaic Systems in Agricultural Enterprises in Cukurova Conditions

Mehmet Emin BİLGİLİ, Adil AKYÜZ 61-69

9- Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi

Analysis of Drought at Different Timescales by Standardized Precipitation Index in Kocadere Basin

Gözen YÜCEERİM, Gülay YILMAZ, Merve ETÖZ, C.Oğuz ACAR 70-76

10- İklim Değişikliğinin Türkiye’de, Trakya Bölgesinde, Referans Evapotranspirasyona Olan Etkilerinin Belirlenmesi

Estimating the Climate Change Impact on Reference Evapotranspiration in the Thrace Region of Turkey

Muhammet AZLAK, Levent ŞAYLAN 77-85

11- İhsangazi Tarlalarından Soframıza Kültür Mirası Siyez Buğdayı

Cultural Heritage Siyez Wheat From the İhsangazi Farms to the Cuisine

Sevinç KARABAK, Rahmi TAŞCI, Vedat CEYHAN, Kürşad ÖZBEK, Hilal YÜCE ARSLAN 86-93

12- Toprak pH’sını Etkileyen Bazı Materyallerin Hububat Tarımında Kullanımı

Using of Some Materials Affecting Soil pH in Cereal Cultivation

Kadir UÇGUN, Caner KELEBEK, Murat CANSU, Mesut ALTINDAL, Bilal YALÇIN 94-100

13- Ergene Nehri ile Sulanan Çeltik Tavalalarının Sediment ve Sulama Suyunda Kobalt (II) ve Nikel (II) Birikim Düzeyleri Analizi

Analysis of Cobalt (II) and Nickel (II) Pollutions in Sediment and Irrigation Water in Rice Paddy Fields with Ergene River

Barış Can KÖRÜKÇÜ, Cihan TORLAK, Cemile ÖZCAN 101-106

14- Havza Bazlı Bitkisel Üretim ve Sulama Suyu Optimizasyon Çalışmaları ve Önemi

Watershed-Based Crop Production and Irrigation Water Optimization Studies and Importance

Gonca KARACA BİLGİN, Süleyman KODAL, Yusuf Ersoy YILDIRIM 107-114

15- Orta Karadeniz Bölgesi Toprak Sıcaklığının Zaman Serisi Analizi Yöntemi İle Modellenmesi

Modeling of Soil Temperature in Central Black Sea Region by Time Series Analysis Method

Filiz KARA, Bilal CEMEK 115-121

16- Zeytin Fidan Gelişimine Mikrohavza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi

Effect of Micro Catchment Water Harvesting Technique and Some Applications that Improve the Soil Water Holding Capacity on Growth of Olive Sapling

Süleyman ŞEN, Gülay YILMAZ, Tuncay TOPDEMİR, Ümit ALKAN 122-129

17- Toprakdan ve Yapraktan Azot ve Çinko Uygulamalarının Buğdayda Tane Çinko ve Demir Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

Effects of Soil and Foliar Nitrogen and Zinc Treatments on Wheat Grain Zinc and Iron Concentrations

Hatun BARUT, Sait AYKANAT, Elif HAKLI HEYBET, Selim EKER, İsmail ÇAKMAK..... 130-139

18- Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Gemlik Zeytin (olea aeoropea) Çeşidinde Sulamanın Peryodisite Üzerine Etkisi

The Impact of Irrigation on the Periodicity of Gemlik Olive (olea aeoropea) in Southeastern Anatolia Region

Meral ANLAĞAN TAŞ, Abdullah Suat NACAR, Veli DEĞİRMENCİ, Ebru SAKAR, Pınar BAHÇECİ ALSAN 140-145

19- Sera Koşullarında Farklı Tuzluluk Düzeyindeki Sulama Sularının Domates Bitkisinin Kök Gelişimi Üzerine Etkisi

The Effect of Irrigation Water of Different Salinity Level on Root Development of Tomato Plant in Greenhouses Conditions

Selçuk ÖZER, Ozan ÖZTÜRK, Ülviye ÇEBİ, Süreyya ALTINTAŞ, Engin YURTSEVEN 146-152

20- Referans Evapotranspirasyonun Mekansal Değişiminin Belirlenmesinde Gediz Havzası Örneği

Determination of Spatial Variation of Reference Evapotranspiration Case Study of Gediz Basin

Yusuf Ersoy YILDIRIM, İsmail TAŞ, Kadir Aytaç ÖZAYDIN 153-161

21- Yüzeyaltı Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Yalova İncisi Sofralık Üzüm Çeşidinde Yaprak Su Potansiyeline Göre Sulama Programının Oluşturulması

Determination of Irrigation Program with Using Leaf Water Potential in Yalova İncisi Table Grape Variety with Subsurface Drip Irrigation

Gülşen DURAKTEKİN, Yeşim BOZKURT ÇOLAK, Kadir KUŞVURAN, Mete ÖZFİDANER 162-168

22- Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi

Drought Assessment Of Turkey Based On The Provinces

İlknur CEBECİ, Oğuz DEMİRKIRAN, Orhan DOĞAN, Kevser KARAGÖZ SEZER, Ödül ÖZTÜRK, Fatma ELBAŞI..... 169-176

23- Buğday Verimi ve Biyokütlesi ile Uzaktan Algılama Vejetasyon İndisleri Arasındaki İlişkilerin Tarımsal İklim Bölgeleri Bazında Değerlendirilmesi

Evaluation of the Relationships Between Wheat Yield and Biomass with Remote Sensing Vegetation Indices on the basis of Agricultural Climate Regions

Murat GÜVEN TUĞAÇ, Harun TORUNLAR, Erol KARAKURT, Sinan AYDOĞAN 177-186

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

Karaman İli Potansiyel Evapotranspirasyon Tahmini

Soner Çağatay BAĞÇACI^{1,*} 

Nermin ŞARLAK¹ 

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karaman

Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): scbagcaci@kmu.edu.tr

Geliş tarihi (Received): 11.10.2017

Kabul tarihi (Accepted): 11.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654742

Öz

Dünyada tarım arazilerinin sulama planlamaları, terleme yoluyla bitki su tüketimleri ve buharlaşma miktarlarını göz önünde bulunduran su bütçesi hesaplamalarıyla yapılmaktadır. Bitki kaplı alanlarda meydana gelen söz konusu buharlaşma ve terleme olaylarının toplamı, hidrolojik çevrimin ölçülmesi en zor bileşeni olan evapotranspirasyonu meydana getirmektedir. Evapotranspirasyonun, belli referans bitki örtüleri, su alma ve büyüme koşulları varsayımlarındaki potansiyel değerleri, pek çok araştırmacı tarafından geliştirilen ampirik yöntemler ile tahmin edilebilmektedir. Bunların en başında gelen FAO56 Penman-Monteith (FAO56 PM), güçlü teorik alt yapısı ve tahminlerinin güvenilirliği bakımından, tüm dünyada en yaygın olarak kullanılan referans potansiyel evapotranspirasyon (PET) tahmin yöntemi haline gelmiştir. Güvenilir tahminlerine karşın, FAO56 PM'nin, PET tahminlerinde çok fazla meteorolojik gözlem verisine ihtiyaç duyması ve karmaşık hesaplama adımları, daha az gözlem verisi gerektiren tahmin yöntemlerini kullanmamızı zaruri kılabilmektedir. Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası'nda yer alan ve önemli tarımsal faaliyetler gerçekleştiren Karaman ili potansiyel evapotranspirasyon miktarları FAO56 PM ile günlük, Turc (TC), Makkink (MK), Priestley Taylor (PT), Jensen Haise (JH), Hargreaves Samani (HS), Blaney Criddle (BC), Thornthwaite (TH) gibi FAO56 PM'ye kıyasla daha az ölçülmüş veri ihtiyacı olan ve kullanımı nispeten daha basit yedi farklı ampirik yöntemle ise aylık zaman adımlarında hesaplanmıştır. FAO56 PM günlük tahminlerinin toplanmasıyla elde edilen aylık PET değerleri, diğer PET tahmin yöntemleriyle elde edilen aylık değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, çalışmaya dâhil edilen yedi PET tahmin yönteminden, Turc, FAO56 PM ile 0.97'lik korelasyon (R²) ve 16.94 mm'lik (aylık) ortalama hata karelerinin karekökü (RMSE) değerleri ile en uyumlu sonucu vermiştir. Turc metodu uygun bir kalibrasyon yapılması durumunda Karaman ili özelinde önerilebilir bulunmuş ve geri kalan yöntemlerin uygulanabilirliği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolojik çevrim, FAO56 Penman Monteith, Karaman, potansiyel evapotranspirasyon

Estimation of Potential Evapotranspiration in the Karaman Province

Abstract

Irrigation scheduling is performed with the water budget calculations considering the plant water consumption by transpiration and evaporation, at the farmlands around the world. Sum of these transpiration and evaporation events which takes place at the plant covered areas, composes evapotranspiration which is the hardest components of the hydrological cycle to measure. The potential values of evapotranspiration, under assumptions as certain reference plant cover, watering and growing conditions, can be estimated with empirical methods developed by many researches. At the top of them, FAO56 Penman-Monteith (FAO56 PM) is widely used reference potential evapotranspiration

estimation (PET) method worldwide through its strong theoretical background and reliability of estimation. Despite of its reliable estimation, complicated calculation steps and requirement of various observed meteorological data impel us to use more practical PET estimation methods which require more easily findable meteorological data. In this study, the potential amounts of evapotranspiration, occurring in the Karaman province located in the Konya Closed Basin where advanced agricultural activities are carried out, were calculated by FAO56 PM method with daily time steps and by Turc (TC), Makkink (MK), Priestley Taylor (PT), Jensen Haise (JH), Hargreaves Samani (HS), Blaney Criddle (BC), Thornthwaite (TH) methods with monthly time steps. The monthly PET values were obtained by summing of daily estimations of FAO56 PM and then compared with the monthly PET values estimated by other empirical methods. As a conclusion, among seven PET estimation methods, Turc yielded most compatible results in comparison with FAO56 PM by 0.97 correlation coefficient value (R²) and 16.97 mm (monthly) root mean square error (RMSE) value. Turc was recommended with convenient calibration and remained methods were discussed.

Keywords: FAO56 Penman Monteith, hydrological cycle, Karaman, potential evapotranspiration

GİRİŞ

Tarım arazilerinin doğru sulama programlarının belirlenebilmesi için söz konusu bitkinin ne zaman ve ne kadar suya ihtiyacı olduğunun bilinmesi gerekir. Bitkinin tarla koşullarında ihtiyaç duyduğu su, bitki su tüketimi olarak ifade edilmektedir ve evapotranspirasyon miktarına eşit olduğu varsayılmaktadır. Hidrolojik çevrim parametrelerinden belirlenmesi en zor olan evapotranspirasyon, bitki örtüsü bulunan bir alandan kaybolan toplam su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Evapotranspirasyonun geniş alanlarda ölçülmesi maddi olarak çok büyük yük teşkil etmekle birlikte, küçük ölçeklerde ölçüm yapmak mümkündür. Arazi ölçeğinde evapotranspirasyon miktarları, su dengesi prensibine dayanan lizimetre düzenekleri, ortamdaki su buharının türbülanslı rüzgârlar ile tahliyesinin sensörler yardımıyla takip edilmesi esasına dayanarak geliştirilmiş eddy-kovaryans yöntemi, bowen oranı enerji dengesi ve buharlaşma tavaları kullanılarak ölçülebilmektedir (Dingman, 2008; Akpolat, 2011; Abdulkareem vd., 2015). Son zamanlarda ayrıca gelişen uydu teknolojisiyle birlikte, uzaktan algılama yöntemleriyle de havza bazında evapotranspirasyon miktarlarının tahmini üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Zang vd., 2010; Lingling vd., 2013; Aksu ve Arkan, 2017). Bu yöntemlerin yanı sıra özellikle son 60-70 yıl içinde maliyetinde ve uygulanmasında herhangi bir yük olmayan ve meteorolojik gözlem verilerinin fiziksel bazlı birtakım denklemlerde kullanılarak, PET tahmin edilmesine dayanan ampirik yöntemler geliştirilmiştir (Alexandris vd., 2008). Bu amaçla geliştirilen yaklaşık 50 PET tahmin yöntemi bulunmasına rağmen, bu yöntemlerin farklı iklim koşullarına

daha fazla uygunluk göstermesi ve ihtiyaç duyduğu meteorolojik gözlem verilerinin farklı olması gibi sebeplerle aynı bölge için uygulandıklarında dahi farklı sonuçlar verebilmektedirler (Grismer vd., 2002). Söz konusu ampirik tahmin yöntemlerinden BC sadece tek bir meteorolojik gözlem verisine ihtiyaç duyarken, FAO56 PM gibi kombinasyon yöntemleri çok daha karmaşıktır ve PET tahmininde çok daha fazla meteorolojik değişkenin kullanılmasını gerektirmektedir.

Evapotranspirasyon konusunda geçmişten günümüze kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, son yıllarda deneysel çalışmalardan gözlemledikleri veya FAO56 PM (Allen vd., 1998) ampirik yöntemi ile diğer ampirik yöntemleri kıyaslayarak, çalışma alanları için en iyi tahmin yapan ama aynı zamanda daha az değişkene ihtiyaç duyan tahmin yöntemini önerme kaygısı taşıyan çalışmaların bazılarını yer verilmiştir. Lu vd. (2005), Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğusunda yer alan sıcak ve nemli iklim koşullarına sahip 36 ormanla kaplı havza için yaptıkları çalışmada, ampirik yöntemlerle hesapladıkları PET değerlerini, su dengesi yöntemiyle hesapladıkları gerçek evapotranspirasyon değerleri ile karşılaştırmışlardır. PT, TC ve Hamon (1961) ampirik yöntemlerini, daha az gözlem verisi gerektirdiği ve gerçek evapotranspirasyon değerleriyle daha uygun korelasyon sağladığı için önerilebilir bulmuşlardır. Ölçülmüş global güneş radyasyonunun mevcut olduğu durumlarda ise PT yönteminin en iyi PET tahmini yapan yöntem olduğunu ifade etmişlerdir. Alexandris vd. (2008), Sırbistan'ın merkezinde yer alan yağmur suyuyla beslenen çimle kaplı deney

sahası için yaptıkları çalışmada, FAO56 PM ile MK, TC, PT, HS, Copais (2006), Alexandris vd., (2006) ve modifiye Hargreaves Trajkovic, 2007 ampirik yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelemişler ve günlük verilerle FAO56 PM yöntemine en yakın sonuçların PT ve Copais yöntemleri tarafından verildiğini tespit etmişlerdir. Tabari (2010), FAO56 PM ile tahmin ettiği PET değerlerini referans olarak kabul ettiği çalışmada, İran'da farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde yer alan on iki meteorolojik gözlem istasyonundan aldığı verileri kullanmıştır. Buna göre soğuk nemli ve kurak bölgelerde en uyumlu sonuçları TC, sıcak nemli ve yarı kurak bölgelerde en uyumlu sonuçları HS'nin verdiğini, kıyaslama yaptığı diğer MK ve PT yöntemlerinin ise genel olarak düşük performans gösterdiğini ifade etmiştir. Tukimat vd. (2012), Malezya'nın Kedah eyaletinde, ortalama sıcaklığın 27-32 °C, rölatif nemliliğin ise %54-94 arasında değişen sulama alanları için yaptıkları PET tahmini çalışmada, FAO56 PM ile TC, MK, PT, TH, BC ve HS yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Genel olarak bölge için radyasyon bazlı olan MK, TC ve PT yöntemlerinin, sıcaklık bazlı olan TH, BC ve HS yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini, korelasyon katsayıları ve rölatif hatalar birlikte göz önüne alındığında ise MK en iyi, BC ise en kötü performansı göstermiştir. Fisher ve Pringle III (2013), Amerika'nın nemli iklim koşullarına sahip Mississippi bölgesinde yaptıkları PET tahmin çalışmada, FAO56 PM ile ölçülmüş veri ihtiyacı sadece hava sıcaklığına indirgenmiş FAO56 azaltılmış set, TC ve Hargreaves yöntemlerini karşılaştırmışlar ve bölge için en uygun yöntemin TC olduğunu iddia etmişlerdir. Efthimiou vd. (2013), Yunanistan'ın Batı Makedonya bölgesinde yer alan nemli iklim koşullarına sahip Krania ve Kozane meteorolojik gözlem istasyonlarından aldıkları uzun yıllara ait verilerle, FAO56 PM ile tahmin ettikleri PET değerlerini FAO-24 Penman, MK, TC, Penman, PT, Linacre, Kimberly Penman, HS, Copais yöntemleriyle elde ettikleri PET değerleriyle karşılaştırmışlardır. Global güneş radyasyonunu tüm yöntemler için ampirik denklemlerle elde ederek yaptıkları PET tahminlerinde, Krania gözlem istasyonunda FAO56 PM ile en iyi korelasyonu PT, Kozane gözlem istasyonunda ise TC olduğunu saptamışlardır. Literatürde, Türkiye'de PET tahmin yöntemlerinin bölgeler özelinde karşılaştırmalı olarak tahmin edildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası'nda yer alan ve önemli tarımsal faaliyetler gerçekleştiren

Karaman ili PET miktarları FAO56 PM ile günlük, TH, MK, BC, TC, JH, PT, HS gibi FAO56 PM'ye kıyasla daha az ölçülmüş veri ihtiyacı olan ve kullanımı nispeten daha basit yedi farklı ampirik yöntemle ise aylık zaman adımlarında hesaplanmıştır. FAO56 PM günlük tahminlerinin toplanmasıyla elde edilen aylık PET değerleri diğer ampirik PET tahmin yöntemleriyle elde edilen aylık değerlerle karşılaştırılarak bölge özelinde yedi ampirik PET tahmin yöntemlerinin kullanılabilirliği tartışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Karaman ili kuzey, doğu ve batısında Konya, güneyinde Mersin ve güneybatısında Antalya illeri ile çevrilidir ve karasal iklim özellikleri gösterir. Çalışma periyodu olan 2000-2015 yılları Mart-Kasım dönemi için Karaman ilinin toplam yağış ortalaması 202 mm olup, yaz aylarında ortalama sıcaklıklar 22 ila 25°C arasında değişmektedir. Yine aynı dönemde Karaman ilinde aylık maksimum sıcaklık, 40.4°C ile 2000 yılının temmuz ve 2010 yılının ağustos ayında, aylık minimum sıcaklık ise -21.2°C ile 2001 yılının kasım ayında ölçülmüştür. Çalışma periyodu olan 2000-2015 yılları Mart-Kasım dönemi PET tahmin yöntemlerinde kullanılacak günlük minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklar (°C), günlük toplam global güneş radyasyonu (cal/cm²), günlük ortalama rüzgâr hızı (m/s), günlük ortalama nispi nem (%), aylık minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıklar (°C), aylık toplam global güneş radyasyonu (cal/cm²) gözlem verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 17246 numaralı Karaman Meteorolojik Gözlem İstasyonundan (37° 12' K, 33° 13' D, 1039 m) alınmıştır. Söz konusu dönemde günlük ortalama rüzgâr hızlarında 2012, 2013, 2014, 2015 yıllarında görülen eksik veriler sırasıyla %15.6, %21, %17.4, %38.9 oranlarında olduğu için bu yıllar çalışmaya dahil edilmemiştir. Kullanılan ampirik PET tahmin yöntemleri hakkında özet bilgi aşağıda sunulmuştur.

Thornthwaite (TH)

Bir bölgenin enleminin ve aylık ortalama hava sıcaklığının bilinmesi halinde rahatlıkla uygulanabilen bir PET tahmin yöntemi olup aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmiştir (Thornthwaite, 1948):

$$PET=1.6 L_d (10 T^{-1})^{\alpha} \quad (1)$$

$$\alpha=6.75 \chi 10^{-7} I^3 - 7.71 \chi 10^{-5} I^2 + 0.01791 I + 0.49239 \quad (1a)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad 1b$$

Eşitlikte; PET (cm ay⁻¹); T aylık ortalama sıcaklık (°C), I aylara göre ortalama sıcaklığa bağlı olan ısı indeksi, Ld saat olarak ortalama gündüz uzunluğudur.

Blaney Criddle (BC)

Potansiyel evapotranspirasyon tahminlerinde sadece ölçülmüş olarak ortalama sıcaklık verilerine ihtiyaç duyar. Kullanımı basit olmakla birlikte, çalışmalar ekstrem hava koşullarında hesaplanan evapotranspirasyon tahminlerinin kuşkulu olduğunu vurgulamaktadır. Rüzgârlı, kuru ve güneşli havalarda %60'a kadar normalden aşağı; soğuk, nemli ve bulutlu havalarda ise %40 oranında normalden yukarı tahminler yapabilen Blaney Criddle yönteminin en genel hali aşağıda Eşitlik 2. ile ifade edilmiştir (Blaney ve Criddle, 1950; <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e07.htm>)

$$PET = p (0.46 T + 8) \quad (2)$$

Eşitlikte; PET (mm gün⁻¹); T günlük ortalama hava sıcaklığı (°C) ve p enleme bağlı günlük gün ışığı saatlerinin yıllık değere oranıdır.

Makkink (MK)

1957'de Hollanda'da, Penman yöntemi ile tahmin edilen evapotranspirasyon miktarlarının lizimetre ölçümleri ile kalibre edilmesiyle elde edilen Penman yönteminin uyarlanmış halidir ve Eşitlik 3. ile ifade edilmiştir (Makkink, 1957; Allen, 1998; Xu ve Singh, 2000; Tabari, 2010; Zhai vd., 2010):

$$PET = 0.61 \Delta (\Delta + \gamma)^{-1} R_s \lambda^{-1} - 0.012 \quad (3)$$

Eşitlikte; PET (mm gün⁻¹); R_s kısa dalga boyu radyasyon (MJ m⁻²gün⁻¹); Δ doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹); γ psikometre sabiti (kPa °C⁻¹); γ buharlaşma gizli ısıdır (MJ kg⁻¹).

Turc (TC)

Batı Avrupa'nın genel iklim koşullarında geliştirilmiş olup, evapotranspirasyon tahminlerinde ölçülmüş olarak rölatif nemlilik, ortalama sıcaklık ve global güneş radyasyonu verilerine ihtiyaç duyar (Turc, 1961; Xu ve Singh, 2000; Zhai vd., 2010; Tabari, 2010).

$$\text{Eğer } RH > 50 \text{ ise } PET = 0.013 T (T + 15)^{-1} (R_s + 50) \quad (4a)$$

$$\text{Eğer } RH \leq 50 \text{ ise } PET = 0.013 T (T + 15)^{-1} (R_s + 50) (1 + (50 - RH) 70^{-1}) \quad (4b)$$

Eşitliklerde; PET (mm gün⁻¹); T ortalama günlük hava sıcaklığı (°C); R_s kısa dalga boyu radyasyon (MJ m⁻² gün⁻¹) ve RH rölatif nemlilik (%).

Jensen Haise (JH)

Jensen ve Haise evapotranspirasyon tahminini, 35 yıllık çalışma periyodunda gözlemledikleri 3000 toprak numunesi üzerinden yaptıkları ölçümlerle elde ettikleri aşağıdaki eşitlik ile yapmışlardır (Jensen ve Haise, 1963; Lingling vd., 2013):

$$PET = C_t (T - T_x) R_s \lambda^{-1}; C_t = 0.025; T_x = -3 \quad (5)$$

Eşitlikte; PET (mm gün⁻¹); C_t sıcaklık sabitidir.

Priestley Taylor (PT)

Orijinal Penman (1948) yönteminin kısaltılmış halidir ve evapotranspirasyon tahminlerinde adveksiyon etkisinin oldukça küçük olduğu varsayımı üzerine bina edilmiştir. Priestley ve Taylor, Eşitlik 6. da görüldüğü gibi rüzgar hızını içeren aerodinamik etkiyi 1.26 katsayısına indirgemişlerdir (Priestley ve Taylor, 1972; Zhai vd., 2010; Tabari, 2010; Efthimiou vd., 2013):

$$PET = \alpha \Delta (\Delta + \gamma)^{-1} (R_n - G) \lambda^{-1}; \alpha = 1.26 \quad (6)$$

Eşitlikte; PET (mm gün⁻¹); R_n net radyasyon (MJ m⁻² gün⁻¹) ve G toprak ısı akışıdır (MJ m⁻² gün⁻¹) (günlük ve daha büyük periyotlarda G=0 kabul edilebiliyor).

Hargreaves Samani (HS)

Hargreaves'ın (1975) orijinal evapotranspirasyon tahmin yöntemindeki solar radyasyon verileri yerine Hargreaves ve Samani (1982), ampirik denklemlerle bulunabilen uzay radyasyonu verilerini kullanarak ölçülmüş veri ihtiyacını sadece sıcaklığa indirgeyen bir PET tahmin yöntemi geliştirmişlerdir (Hargreaves ve Samani, 1985; Lu vd., 2005).

$$PET = 0.0023 R_a (T_{\max} - T_{\min})^{0.5} (T_{\text{ort}} + 17.8) \lambda^{-1} \quad (7)$$

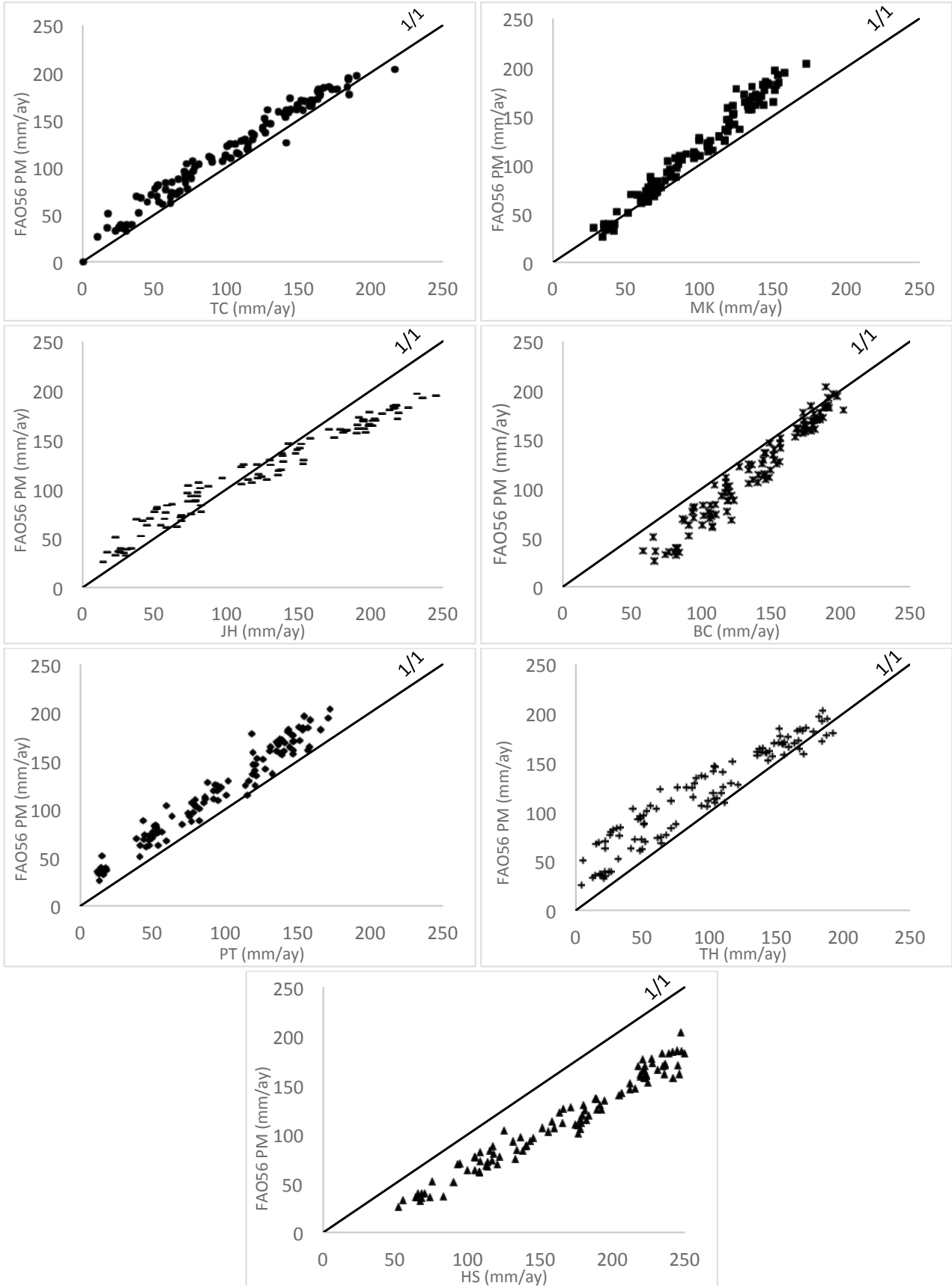
Eşitlikte; PET (mm gün⁻¹); R_a uzay radyasyonu (MJ m⁻² gün⁻¹); T_{max} maksimum günlük hava sıcaklığı (°C); T_{min} minimum günlük hava sıcaklığı (°C); T_{ort} ortalama günlük hava sıcaklığıdır (°C).

FAO56 Penman Monteith (PM)

PET tahmin yöntemleri içinde dünyada kullanımı en yaygın olanıdır ve ölçülmüş olarak günlük minimum, ortalama ve maksimum hava sıcaklığı, global güneş radyasyonu, ortalama rüzgâr hızı ve nispi nem verilerine ihtiyaç duyar (Allen vd., 1998). Bu yöntem; sıcaklık, radyasyon ve aerodinamik bileşenleri bünyesinde barındırdığı için karma yapıda bir PET tahmin yöntemidir ve Eşitlik 8. ile ifade edilmiştir:

$$PET = \frac{(0.408(R_n - G) + 900 \lambda (T + 273)^{-1} (U_2 (e_s - e_a))}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (8)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA



Şekil 1. Karaman ilinde FAO56 PM ve alternatif yöntemlerin aylık PET tahminleri
Figure 1. Estimation of monthly PET by FAO56 PM and alternative methods in Karaman province

2000-2011 yılları Mart-Kasım dönemi günlük meteorolojik verileri öncelikle homojenlik testine tabi tutulmuştur. İstasyon yerlerindeki veya ölçüm tekniklerindeki değişiklikler gibi veya istasyonun çevresindeki şehirleşme ve bina yüksekliklerinin artması vb. doğal olmayan nedenlerden dolayı ölçüm verilerinin homojenliği bozulabilmektedir. Homojen olmayan veriler sonuç üzerinde yanıltıcı etki oluşturabileceğinden tespit edilmesi gerekmektedir. Standart normal (SNHT), Buishand sıra ve Pettitt homojenlik testleri ile günlük maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ve toplam global güneş radyasyon verilerinin %5 anlam seviyesinde homojen oldukları, rüzgâr ve rölatif nem verilerinin homojen olmadıkları tespit edilmiştir. Söz konusu testler, homojenliği bozan veri setleri ve setlerin ortalama seviyeleri hakkında bilgi verdiklerinden, setlerin ortalama seviye oranları kullanılarak veriler homojen hale getirilmeye çalışılmıştır (Tuomenvirta, 2001).

2000-2011 yılları Mart-Kasım dönemlerine ait günlük meteorolojik gözlem verileri kullanılarak FAO56 PM yöntemi ile PET tahminleri yapılmış ve sonuçlar referans olarak kullanılmıştır. FAO56 PM ile tahmin edilen aylık PET miktarları, günlük tahminlerin toplamı şeklinde hesaplanmış ve daha sonra aylık meteorolojik gözlem verileri kullanılarak diğer yedi ampirik yöntem ile tahmin edilen PET miktarları ile karşılaştırılmıştır. PET tahminleri, Thornthwaite hariç diğer yöntemlerde günlük meteorolojik gözlem verileri kullanılarak geliştirilmişlerdir. Ancak bölge için kullanımı daha basit, daha az meteorolojik gözlem verisine ihtiyaç duyan ve daha uzun zaman adımlı (aylık) PET tahminlerinde kullanılabilecek bir yöntemi Karaman ili için önermek amacıyla hesaplamalar alternatif yöntemlerin hepsinde aylık meteorolojik gözlem verileri kullanılarak yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan hesaplamalara ait sonuçlar Şekil 1'de görsel olarak sunulmuştur. Görsel olarak bakıldığında TC, MK, PT ve TH yöntemleri PET tahminleri çoğunlukla FAO56 PM tahminlerinden daha düşük, bunların aksine HS tahminleri daha yüksek olmuştur. BC 150 mm'ye kadar FAO56 PM'den yüksek tahminler verirken, 150 mm'den sonra yaz aylarına denk gelen PET tahminleri ise FAO56 PM ile yakındır. JH yönteminin ise yaklaşık 120 mm'ye kadar olan PET tahminleri FAO56 PM'den düşük, 120 mm'den sonraki PET tahminleri ise FAO56 PM'den yüksek kalmıştır.

Yöntemler arasındaki istatistiksel karşılaştırma ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karelerinin karekökü (RMSE) ve lineer model ile açıklanabilen yüzde (R²) ile yapılmış ve Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. FAO56 PM ve diğer ampirik PET tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması

Table 1. Comparison of FAO56 PM and the other empirical PET estimation methods

Yöntemler	MAE	RMSE	R ²
FAO56 PM-TC	15.22	16.94	0.97
FAO56 PM-MK	18.54	22.37	0.97
FAO56 PM-JH	19.28	23.02	0.97
FAO56 PM-PT	20.57	24.30	0.95
FAO56 PM-BC	24.03	25.91	0.96
FAO56 PM-TH	24.83	29.51	0.91
FAO56 PM-HS	51.79	54.02	0.97

Uygun bir kalibrasyonla Turc metodunun vermiş olduğu 16.94 mm RMSE değerinin düşürülebileceği açıktır. MK yöntemi, TC'nin ardından FAO56 PM ile en yakın tahminleri yapan ikinci yöntem olmuştur. TC tahminleri gibi MK çalışma döneminde çoğunlukla FAO56 PM'in altında tahmin vermiştir. JH üçüncü yöntem olurken, TH tüm dünyada olduğu gibi Karaman ilinde de FAO56 PM'nin oldukça gerisinde PET tahminleri verdiği için beşinci sırada yer almıştır. HS ise Karaman ili için FAO56 PM'e en uzak tahmin veren yöntem olmuştur. 54.02 mm'lik ortalama hata karelerinin karekökü değeri diğer yöntemlerden elde edilen değerlerin iki katından fazladır. Bu çıkan sonuç aslında anlamlıdır, çünkü HS diğer yöntemlerin aksine net veya kısa dalga boyu radyasyon yerine uzay radyasyon verisini kullanmaktadır. Bunun anlamı atmosferin geçirgenliğini dikkate almadan maksimum olası radyasyon verileri ile PET tahmini yapılmaktadır. Ayrıca günlük meteorolojik gözlem verileriyle kullanıldığında HS'nin, California Davis bölgesi için oldukça makul PET tahminleri yaptığı ortaya konulmasına karşın, bu çalışmada da olduğu gibi aylık meteorolojik gözlem verileriyle kullanıldığında yüksek hatalar vermesinin bir diğer sebebi olarak, günlük ve aylık maksimum, minimum sıcaklık ölçüm farklılığı gösterilebilir. HS metoduna karekökü çarpan olarak etkileyen maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki farklar günlük verilerle kullanıldığında kullanılan

gün için ölçülen maksimum ve minimum sıcaklıkların farkı olarak PET tahminlerinde hesaba katılmaktadır. Aylık gözlem verileriyle kullanıldığında ise söz konusu aydaki maksimum ve minimum sıcaklıkların yaşandığı günler çalışılan aydaki tüm günlerde geçerliymiş gibi PET tahminlerinde hesaplamalara katılmaktadır. Bu da aylık meteorolojik gözlem verileriyle HS metodunun kullanılması durumunda dikkatli olunmasını, ayrıca bu yöntemin günlük veriler için türetildiği gerçeğinin hatırlanması gerektiğine işaret etmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, dünyanın birçok bölgesinde yaygın bir şekilde kullanılan ve güvenilir PET tahminleri yapan FAO56 PM metoduna Karaman ili özelinde daha az gözlem verisi gerektiren ve kullanımı daha basit alternatif PET tahmin yöntemlerinin neler olabileceği araştırılmıştır. Bu bağlamda önce FAO56 PM ile elde edilen günlük PET tahminleri aylığa çevrilmiş daha sonra bu değerler referans olarak kullanılarak TC, MK, JH, PT, BC, TH ve HS yöntemlerinden elde edilen aylık PET değerleriyle karşılaştırılmıştır. TC, FAO56 PM'ye en uyumlu tahmini yapan yöntem olmuştur. HS metodu ise, Karaman ili aylık meteorolojik gözlem verileri kullanıldığında oldukça yüksek tahminler vermiştir. FAO56 PM ile HS yöntemleri arasında hesaplanan 54.02 mm'lik RMSE değeri bu kanıyı doğrulamaktadır. Buna göre karasal iklim özelliklerine sahip Karaman ili için yapılan aylık PET tahminlerinde, elde yeteri kadar ölçülmüş günlük meteorolojik gözlem verisinin olmaması durumunda TC gerektirdiği aylık ortalama nem, aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam global güneş radyasyonu verileriyle FAO56 PM'ye alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Turc metoduna yapılacak uygun bir kalibrasyonla, RMSE değerlerinin daha makul seviyelere düşürülebileceği açıktır. Bu durumun, Konya Kapalı Havzası'nda yer alan ve önemli tarımsal faaliyetlere ev sahipliği yapan Karaman ilinde aylık zaman adımlarında yapılacak tarımsal sulama planlamaları, su bütçesi, kuraklık ve iklim değişikliği çalışmalarında yapılacak PET tahminleri için önemli bir kolaylık sağlayacağı inancı taşınmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdulkareem JH, Abdulkadir A, Abdu N (2015). A review of different types of lysimeter used in solute transport studies. *International Journal of Plant & Soil Science*, 8 (3): 1-14.

Akpolat A (2011). Mikrometeorolojik ve lizimetre yöntemleriyle belirlenen buğday bitki su tüketimlerinin karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Aksu H, Arıkan A (2017). Satellite-based estimation of actual evapotranspiration in the Buyuk Menderes Basin, Turkey. *Hydrology Research*, 48(2): 559-570.

Alexandris S, Kerkides P, Liakatas A (2006). Daily reference evapotranspiration estimates by the "Copais" approach. *Agricultural Water Management*, 82(3), 371-386.

Alexandris S, Stricevic R, Petkovic S (2008). Comparative analysis of reference evapotranspiration from the surface of rainfed grass in central Serbia, calculated by six empirical methods against the Penman – Monteith formula. *European Water*, 21/22: 17-28.

Allen RG, Periera LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guideline for computing crop water requirement. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, p. 300.

Blaney HF, Criddle WD (1950). Determining water requirements in irrigated areas from climatological irrigation data. *Technical Paper No. 96*, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C., p. 48.

Dingman SL (2008). *Physical hydrology*. Waveland Press, Inc., United States of America, p. 646.

Efthimiou N, Alexandris S, Karavitis C, Mamassis N (2013). Comparative analysis of reference evapotranspiration estimation between various methods and the FAO56 Penman-Monteith procedure. *European Water*, 42: 19-34.

FAO (Irrigation Water Management: Irrigation water needs, Chapter 3: Crop water needs). Available: <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e07.htm>.

Fisher DK, Pringle III HC (2013). Evaluation of alternative methods for estimating reference evapotranspiration. *Agricultural Sciences*, 4(8A): 51-60.

Grismer ME, Orang M, Snyder R, Matyac R (2002). Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128(3): 180-184.

Hamon WR (1961). Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Hydraulics Division-ASCE*, 87(HY3): 107-120.

Jensen ME, Haise HR (1963). Estimating evapotranspiration from solar radiation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division-ASCE*, 89(IR3):15-41.

Hargreaves GH (1975). Moisture availability and crop production. *TRANSACTION of the ASAE*: 18, 980-984.

Hargreaves GH, Samani ZA (1982). Estimation of potential evapotranspiration. *Journal of the Irrigation and Drainage Division-ASCE*, 108: 223-230.

Hargreaves GH., Samani ZA (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2): 96-99.

Lingling Z, Jun X, Chong-Yu X, Zhonggen W, Leszek S (2013). Evapotranspiration estimation methods in hydrological models. *Journal of Geographical Sciences*, 23 (2): 359-369.

Lu J, Sun G, McNulty SG, Amatya DM (2005). A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the southeastern United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(3): 621-633.

Makkink GF (1957). Testing the Penman formula by means of lysimeters. *Journal Institute of Water Engineering*, 11(3): 277-288.

Penman HL (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 193(1032), 120-145.

Priestley CHB, Taylor RJ (1972). On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100: 81-92.

Tabari H (2010). Evaluation of reference crop evapotranspiration equations in various climates. *Water Resources Management*, 24: 2311-2337.

Tukimat NNA, Harun S, Shadid S (2012). Comparison of different methods in estimating potential evapotranspiration at Muda Irrigation Scheme of Malaysia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 113(1): 77-85.

Thornthwaite CW (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94.

Trajkovic S (2007). Hargreaves versus Penman-Monteith under humid conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133.1: 38-42.

Tuomenvirta H (2001). Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series- Finnish and Nordic data. *International Journal of Climatology*, 21: 495-506.

Turc L (1961). Water requirements assessment of irrigation, potential evapotranspiration: simplified and updated climatic formula. *Annales Agronomiques*, 12: 13-49.

Xu CY, Singh VP (2000). Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation. *Hydrological Processes*, 14: 339-349.

Zhai L, Feng Q, Li Q, Xu C (2010). Comparison and modification of equations for calculating evapotranspiration (ET) with data from Gansu Province, Northwest China. *Irrigation and Drainage*, 59 (4): 477-490.

Zhang K, Kimball JS, Nemani RR, Running SW (2010). A continuous satellite-derived global record of land surface evapotranspiration from 1983 to 2006. *Water Resources Research*, 46, W09522.

Bazı Yem Bitkileri Karışımlarında Farklı Hasat ve Muhafaza Sistemlerinin Yem Kalitesi Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi

Yasemin VURARAK^{1,*} 

Ahmet İNCE²

¹*Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

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

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): yasemin.vurarak@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 11.10.2017

Kabul tarihi (Accepted): 09.07.2019

DOI: <https://doi.org/10.21657/topraksu.654760>

Öz

Bu çalışma, Akdeniz İklimi koşullarında yetiştirilen iki farklı kışık buğdaygil, baklagil karışımının kaba yem olarak hazırlanmasında, farklı hasat ve muhafaza yöntemlerinin yem kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada bitkisel materyal olarak, fiğ + tritikale ve italyan çimi + iskenderiye üçgülü karışımları kullanılmıştır. Çalışmada, haylaj, kuru ot balyası ve geleneksel silaj muhafaza yöntemleri ele alınmıştır. Hasat makinası olarak, haylaj ve kuru ot yapımında tamburlu ot biçme makinası ile ezme ünitesi diskli çayır biçme makinası, geleneksel silaj yapımında ise ot silaj makinası kullanılmıştır. Buna ek olarak, haylaj yapımında 6 kat sarma sayısı dikkate alınmıştır.

Araştırmada, haylaja ait nispi yem değerinin 2. kalite, kuru ot ve geleneksel silajın ise 3. ve 4. kalite sınıfı içinde yer aldığı belirlenmiştir. En kaliteli ürünün, haylajlarda Çukurova koşullarında fiğ + tritikale karışımına alternatif olarak yetiştirilebilecek italyan çimi + iskenderiye üçgülü karışımında, "Ezme Ünitesi Diskli Çayır Biçme Makinası" ile alınabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çukurova, haylaj, kaba yem, kalite, muhafaza

Determination of Effects of Different Harvesting and Storage Systems Feed Quality for Some Forage Mixtures

Abstract

This study was conducted to determine effects of different harvesting and storage systems on feed quality for two grass and legume mixtures cultivated in Cukurova Region. The mixtures of caramba + berseem clover and vetch + triticale were used as forage material. In the research, haylage, hay bale and traditional silage methods were examined. Harvesting was achieved by using the mover and disc mover with conditioner for haylage and hay bale and by using silage machine for traditional silage. However, feed quality were obtained for six numbers of wrap in haylage.

In the research, the relative feed value of haylage was qualified in second quality degree while those of hay bale and traditional silage was in third and fourth quality degree, respectively. It was obtained that the highest quality forage was supplied with the mixture of caramba + berseem clover that can be grown in Cukurova Region as an alternative instead of vetch + triticale mixture harvested by Disc Mover with Conditioner.

Key words: Çukurova, haylage, forage, storage, quality

*Doktora tezinden türetilmiştir.

GİRİŞ

Hayvancılığın tarım sektörünün gelişmesinde önemli rolü olduğunu ve özellikle küçük işletmelerin etkinliği ve teknolojiyi kullanım kabiliyetlerinin artmasına paralel olarak değiştiği bilinmektedir. Ayrıca küçük işletmelerin ucuz ve kaliteli kaba yem olan silo yemlerine yönelmeleri ile işletmelerin daha ekonomik üretim olanaklarına kavuşacaklardır (Bilgen vd., 2005). Dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye de yem masrafları girdiler içinde ilk sıradadır. Doğu Akdeniz Bölgesi'ne ait bazı illerinde süt sığırcılığı işletmelerinin girdi analizleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, işletmelerin üretim masrafları içinde değişen masrafların en büyük payı aldığı, bu masraflar içinde yem giderlerinin %87.86 ile birinci sırada olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz vd., 2015). Su içeriği zengin yemlerin kuru ot olarak hazırlanması sırasında doğal bulaşık olan bakterilerin ortamdan uzaklaştırılması ve fazla suyun buharlaşması için güneş enerjisi kullanılır. Tarla şartlarında, sulu yeşil yemin %84'lere kadar varabilen neminin %16'ya kadar düşmesi için gerekli olan kurutma gün sayısını yakalamak her zaman mümkün değildir. Akdeniz Bölgesi genelinde olduğu gibi yağışlı ve nemli bölgelerde kaliteli kaba yem hazırlamak oldukça zordur. Yağış ve nem yemin istenen hız ve kalitede kurummasını engellemekte ve daha kurumadan kısa sürede bozulmasına neden olabilmektedir (Kılıç, 2010). Biçilen otların yağmur altında kalmaları gibi fazla güneş altında kalmalarının da başta karoten olmak üzere besin maddelerinin zarar görmesine neden olur (Baytekin ve Gül, 2009). Baytekin ve Gül (2009) yaptıkları bir çalışmada baklagil yem bitkilerinden bir olan yonca otunun yağmur altında kalması ile sindirilebilirlik kayıplarının %12, buğdaygillerde ise %6 oranlarında düştüğünü bildirerek kurutma probleminin kaba yemlerde en belirgin sorun olduğunu vurgulamışlardır. Akdeniz Bölgesi'nde erken ilkbahar ve sonbahar yağışları, yem bitkilerinde kurutma probleminin ortaya çıkmasında başlıca nedenlerden en önemlisi olduğu söylenebilir. İklim şartlarının her zaman otun kurutulmasına olanak sağlamaması ve geleneksel silaj yapımı için de iyi bir mekanizasyon alt yapısına gereksinim duyulması, farklı kaba yem hazırlama yöntemlerinin tespit edilmesi ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır.

Araştırma, farklı çalışma konularını içermektedir. Farklı yem bitkisi karışımlarında, farklı hasat makinalarının ve farklı muhafaza yöntemlerinin, yem kalitesine olan etkilerinin incelenmesi, ana amacı oluşturmaktadır. Araştırmada hedef, küçük

işletmelere uygun, yem kalitesi yüksek kaba yem hazırlama mekanizasyon zincirlerini belirleyerek karar vericilere sunulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma iki yıl süresince Adana ili sınırlarında Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Doğan kent lokasyonunda yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak fiğ + tritikale (FT), italyan çimi + iskenderiye üçgülü (İİ) karışımı kullanılmıştır. Ekimde, üniversal ekim makinası kullanılmış ve ekim normu fiğ 8 kg da⁻¹ + tritikale 10 kg da⁻¹, italyan çimi 1.5 kg da⁻¹ + iskenderiye üçgülü 1.5 kg da⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır. Hasatta 165 cm iş genişliğinde tamburlu ot biçme makinası, 240 cm iş genişliğinde ve 6 diskli ezme üniteli diskli çayır biçme makinası ve 135 cm iş genişliğinde ot silaj makinası, balyalama sırasında rulo balya makinası ve balya sarma makinası konulara göre kullanılmıştır.

Haylaj konularının, kuru ot ve silaj konularına göre kalite değerlerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla deneme Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 2 farklı karışımda (İİ, FT), 5 farklı hasat ve muhafaza sisteminde (S1, S2, S3, S4, S5), 2 yıl süre ile 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Haylaj yapımında 6 katlı sarım polietilen kalpama malzemesi ile yapılmıştır. Kuru ot balyaları ortalama olarak 20-25 kg balya-1, haylaj balyaları ise 40-50 kg balya-1 ağırlığında küçük balyalar şeklinde yapılmıştır. Tüm veriler bir paket programı kullanılarak LSD değerine göre gruplara ayrılmıştır (Yurtsever, 1984; Kalaycı, 2005). Buna göre konular;

S1: Tamburlu ot biçme makinası + rulo balya makinası (Kuru ot),

S2: Ezme üniteli diskli çayır biçme makinası + rulo balya makinası (Kuru ot),

S3: Tamburlu ot biçme makinası + rulo balya makinası + balya sarma makinası (Haylaj),

S4: Ezme üniteli diskli çayır biçme makinası + rulo balya makinası + balya sarma makinası (Haylaj) ve

S5: Ot silaj makinası + silaj çukuru (geleneksel silaj) olarak uygulanmıştır

S1 ve S2 konularında, ürün hasadından sonra, yeşil yemin kuru ot olarak balya yapılması durumuna kadar gelmesi; yani KM oranının %80-85'e kadar

çıkması beklenmiştir. S3 ve S4 konuları olan haylaj konuları hasattan sonra KM oranları %40-60 olana kadar soldurulmuşlardır. Geleneksel silaj konusu olan S5 konusunda karışımlar hasat edilmiş ve %25-30 KM civarlarında gelene kadar soldurma işlemi yapılmamıştır. Tüm işlemlerin yapılmasından 60 gün sonra silaj, haylaj ve kuru ot konularından örnekler alınarak kalite değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tarımsal işlemler

Ekimler, iki yılda da Kasım ayı içinde yapılmıştır. Deneme alanında Eylül ayı içinde derin çizel, diskaro ve 1-2 kez rototiller kullanılarak tohum yatağı hazırlanmıştır. Her iki karışım içinde ekimden önce saf 5 kg azot ve 5 kg fosfor gelecek şekilde 20:20 gübresi tabana uygulanmıştır (DATAEM, 2016). Deneme hasatları, Nisan ayı sonunda tamamlanarak konulara göre ürünler muhafaza edilmişlerdir. İlk yıl yağışların yetersiz olmasından dolayı ilki çıkış, ikincisi çiçeklenme döneminde olmak üzere 2 kez yağmurlama sulama yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında mevsim yağışları yeterli olduğundan sulama yapılmamıştır.

Ölçümler

KM hesaplanması Kutlu (2008), ADF, NDF hesaplamaları Anonim (2016), HP analizi Anonim (2002), SKM, KMT ve NYD hesaplanması ise Yavuz vd. (2009), Mayouf ve Arbounche (2014) tarafından bildirilen metotlara göre yapılmıştır. Kaba yemlerin kalite değerlendirmelerinde "Buğday ve Baklagil Yem Bitkileri İçin Kalite Standartları" olarak kullanılan ve Ball vd., (1996); Mayouf ve Arbouche, (2014); Russell (2014) tarafından belirlenmiş olan sınıflandırma sistemine göre yapılmıştır.

Çizelge 1. Balya ağırlığı ve yoğunluğuna ait varyans analiz tablosu
Table 1. Variance analysis of bale weight and density.

PARAMETRELER	Balya ağırlığı (kg balya ⁻¹)	Yoğunluk (kg m ⁻³)
KARIŞIM		
ii	30.50a	317.09a
FT	25.61b	225.79b
HASAT TEKNIĞİ ve MUHAFAZA		
S1	17.10c	120.07d
S2	18.65c	132.52d
S3	35.86b	280.13c
S4	40.61a	315.36b
S5	-	509.14a
CV	7.16	21.1
Karışım	**	**
Hasat tekniği ve muhafaza	**	**
Karışım x hasat tekniği ve muhafaza	**	**

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yıllar x uygulamalar etkileşiminin verim üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Fakat yıllar arasındaki farklılığın çevresel ve iklimsel faktörlerden, özellikle ilk yıl yaşanan kuraklıktan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Yıllar itibarıyla fark olduğu istatistiki olarak belirlenmiş ancak, her yıl konu sıralamalarında bir değişiklik olmamıştır. İki yıl için yapılan homojenlik testine göre verilerin homojen olduğu tespit edilmiş ve yıl birleştirmesi yapılarak veriler istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 1'de balya ağırlık ve yoğunluğu bakımından yapılan değerlendirmede, İI karışımının balya ağırlığının FT karışımına göre %13.2, yoğunluğunun ise %12.5 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, S5 konusuna ait yoğunluk değerinin S3 ve S4 konularına göre 1.61-1.81 kat arasında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. S1 ve S2 konuları olan kuru ot konuları ise ortalama olarak S3 ve S4 konularına göre %57.6, S5 konusuna göre ise %75.2 oranında daha düşük yoğunluğa sahip oldukları tespit edilmiştir.

Muhafaza yöntemi ve karışıma göre balya ağırlıklarının değiştiği belirlenmiştir. Balya ağırlığı üzerinde istatistiki olarak p<0.01 önem seviyesinde karışımın ve hasat tekniği-muhafaza konularının etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer durumun yoğunluk değerleri içinde geçerli olduğu Çizelge 1'de görülmektedir. İkili etkileşimlerinde, "karışım x hasat tekniği ve muhafaza" etkileşimlerinin balya ağırlığı ve yoğunluğu üzerinde istatistiki anlamda ve p<0.01 önem seviyesinde etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Bazı kalite parametrelerine ait varyans analizleri
Table 2. Variance analysis of some quality parameters.

PARAMETRELER	KM (%)	pH	ADF (%)	NDF (%)	HP (%)	HK (%)
KARIŞIM						
İİ	59.30b	5.36	41.03(3)	55.47b(3)	11.68a(3)	11.73a
FT	63.47a	5.34	40.69(3)	56.84a(3)	8.44b(4)	9.36b
HASAT TEKNİĞİ- MUHAFAZA						
S1	89.36a	5.91a	43.64a(4)	59.2a(3)	9.32c(4)	9.57b
S2	89.93a	5.69b	40.73b(3)	56.01b(3)	9.59bc(4)	9.88b
S3	49.89b	5.70b	38.60c(2)	54.31c(3)	10.23ab(3)	10.76b
S4	49.79b	5.11c	36.55d(2)	53.19c(2)	10.33ab(3)	9.86b
S5	27.94c	4.36d	44.77a(4)	58.14a(3)	10.83a(3)	12.66a
CV (%)	2.3	5.7	3.64	3.8	11.0	12.8
Karışım	**	ÖD	ÖD	*	**	**
Hasat tekniği-muhafaza	**	**	**	**	*	**
Karışım x hasat tekniği ve muhafaza	**	ÖD	ÖD	**	ÖD	*

* p< 0.05; ** p< 0.01 hata sınırları içinde önemlidir, ÖD: Önemli değil; İİ: İtalyan çimi + iskenderiye üçgülü karışımı, FT: Fiğ + tritikale karışımı; S1:Tamburlu ot biçme (Kuru ot), S2:Ezme üniteli diskli çayır biçme (Kuru ot), S3:Tamburlu ot biçme (Haylaj), S4:Ezme üniteli diskli çayır biçme (Haylaj), S5: Ot silaj (silaj); (1, 2, 3, 4, 5): kalite sınıfı.

Çizelge 2 incelendiğinde, S3 ve S4 konularına ait Ph, ADF ve NDF değerinin S1 ve S2 konularına göre düşük olduğu, HP değerinin ise S1 ve S2 konularına göre oldukça yüksek, S5 konusu ile de yaklaşık olarak aynı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çizelge 3 de SKM, KMT ve NYD bakımından bir değerlendirme yapıldığında, tüm konular arasında ürünün hangi karışım olduğuna bakılmaksızın S4 konusundan en iyi kalitede ürün alındığı ve istatistiki olarak diğer konulardan p<0.01 önem düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Haylaj ile geleneksel silajın NYD arasında %18.8 oranında fark olduğu tespit edilmiştir. Ball vd. (1996), Mayouf ve Arbouche (2014), Russell (2014) tarafından kullanılan buğdaygil ve baklagil yem bitkileri için kalite standartlarına göre bir değerlendirme yapıldığında öne çıkan konu S4 konusunun 2. kalite sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. En iyi ürünün elde edilmesinde bu sistemin kullanılmasının üreticiler açısından faydalı olacağını söylemek mümkündür.

Çalışmada, S4 sistemi kullanılarak tüm ürünlerin muhafazası bölge ve benzer iklim tipine sahip diğer bölgelerde de rahatlıkla kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Polak ve Jancovo (2006), çalışmalarında iki farklı şartlandırıcı/koşullandırıcı tip (metal ve plastik parmaklı) ot biçme makinasını çayır otlarında denemişler ve plastik parmaklı tip şartlandırıcılarla biçilen otların protein değerinin diğer tipten daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada, ezme ünitesi içinde kullanılan paletlerin türü plastik olup, bu paletlerin ürünü birkaç yerinden narin

bir şekilde ezmesinin yaprak kayıplarını azaltmış olabileceği ve dolayısıyla protein oranının da bu nedenle artmış olabileceği düşünülebilir. Kaba yemlerin protein değerlerinin yüksek olmasını amacıyla kullanılan baklagillerin HP miktarını artırdığı bilinmektedir. Çalışmada da geleneksel olarak kullanılmakta olan FT karışımı yerine İİ önerilebilir. Bu durumda yaklaşık olarak %25 oranlarında ham protein oranında bir artış olmaktadır.

Çizelge 3. Nispi yem değerine (NYD) ait varyans analizi.
Table 3. Variance analysis of relative feed value (RFV).

PARAMETRELER	SKM (%)	KMT (%)	NYD
KARIŞIM			
İİ	56.93	2.18a	96.79a(3)
FT	57.20	2.12b	94.88b(3)
HASAT TEKNİĞİ- MUHAFAZA			
S1	54.89d	2.03d	86.96d(4)
S2	57.16c	2.16bc	96.28c(3)
S3	58.82b	2.21ab	101.02b(3)
S4	60.42a	2.25a	105.83a(2)
S5	54.02d	2.11c	89.08d(3)
CV (%)	2.03	4.10	5.53
Karışım	ÖD	*	*
Hasat tekniği-muhafaza	**	**	**
Karışım x hasat tekniği ve muhafaza	ÖD	**	**

* p< 0.05; ** p< 0.01 hata sınırları içinde önemlidir, ÖD: Önemli değil; İİ: İtalyan çimi + iskenderiye üçgülü karışımı, FT: Fiğ + tritikale karışımı; S1:Tamburlu ot biçme (Kuru ot), S2:Ezme üniteli diskli çayır biçme(Kuru ot), S3:Tamburlu ot biçme (Haylaj), S4:Ezme üniteli diskli çayır biçme (Haylaj), S5: Ot silaj (silaj); (1, 2, 3, 4, 5): kalite sınıfı

Genel olarak, Çizelge 2 ve Çizelge 3 değerlendirildiğinde özellikle pH, ADF, NDF, SKM, KMT ve NYD üzerinde hasat tekniği ve muhafaza şartlarının $p < 0.01$ önem seviyesinde, HP değeri üzerinde ise $p < 0.05$ önem seviyesinde etkili olduğu belirlenmiştir. HP değerinin en düşük olduğu konuların S1 ve S2 olması beklenen bir durum olmasına rağmen, S1 konusunun protein değerinin S2 konusuna göre az olduğu belirlenmiştir. Bu durumun hasat makinalarının biçmiş olduğu ürünü yere bırakma şekli ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Tamburlu ot biçme makinası ile hasat edilen ürün birbirinin üstüne sıkı bir şekilde örtünerek kurumuş ve rulo balya makinası ile silindirik kuru ot balyası yapılırken kullanılan küçük tip rulo makinasının çalışma performansı olumsuz yönde etkilenmiştir.

Balya makinası kurumuş otu alırken zorlanmış ve bitki üzerindeki yaprakların dökülmesine neden olmuştur. Yaprak kaybının artmasıyla birlikte HP miktarının da paralel olarak azalmış olabileceği düşünülmektedir. Ezme ünitesi diski çayır biçme makinası ile hasat edilen ürünlerde, ürün sap boyunca 3-4 yerinden kırılarak kabarıklık şeklinde bırakılmıştır. Bu durumun rulo balya makinasının ürüne zarar vermeden, daha rahat bir biçimde çalışmasına olanak sağladığı denemeler sırasında gözlemlenmiştir. HP miktarının, yaprak kayıplarının az olması durumunda yükseldiği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar, yaprak kayıplarının protein miktarı üzerinde direkt etkisi olduğunu bildirir bazı çalışmaların sonuçlarıyla da örtüşmektedir (Yaman ve Sönmezler, 2011). Denemede öne çıkan konu olan ezme ünitesi diskli çayır biçme makinası ile ilgili Russell ve Johnson (2014) tarafından yapılmış olan bir çalışmada, her zaman için yapraklarda hazmolabilir protein ve karbonhidratlar sapsızlara göre daha fazla olduğu ve yaprak kayıplarının önüne geçilmesinin yöntemlerinin aranması gerektiği bildirilmiştir. Hasat sırasında yaprak kayıplarının yaşanması ile ürünün besleyicilik değerinin düştüğü ve bu kayıpların azaltılması için hasatta mutlak şartta şartlandırıcı tip ot hasat makinalarının kullanımı tavsiye edilmektedir. Ayrıca Müller (2009) çalışmasında, ürünlerin parçalanmadan haylaj halinde muhafaza edilmesiyle geleneksel silaja göre daha kaliteli ve hayvan sağlığı açısından da daha kullanışlı ürün elde etmenin mümkün olduğunu bildirmiştir. Çalışmasında, uzun saplı ve parçalanmadan muhafaza edilen kaba yemlerle beslenen hayvanların dışkılarından örnekler

olarak biyolojik açıdan incelemiş ve pH miktarının geleneksel silaj ile beslenen hayvan dışkılarına göre bir miktar yüksek olsa bile hayvan sağlığı açısından risk teşkil etmeyeceğini belirlemiştir. Ayrıca çiğneme oranının bir miktar arttığı, ancak bulun tükürük salgısının artarak mide öz sıvısı pH seviyesini korumada olumlu olduğu da çalışmada vurgulanmıştır.

SONUÇLAR

Çalışmada, Çukurova Bölgesi iklim koşullarına uygun ve geleneksel silaja alternatif olabilecek kaliteli kaba yem hazırlamada hasat ve muhafaza sistemlerinin tespit edilmesi planlanmıştır. Bu doğrultuda, küçük işletmeler için farklı kışlık yem bitkisi karışımlarına uygun olabilecek kaba yem hazırlama mekanizasyonu zinciri belirlenmiştir. Bu zincir, kışlık kaba yem olarak ekilmesi planlanan karışımın içeriği ile direkt ilgili olduğu deneme sonuçlarına göre söylenebilir. Bitkisel materyalin yapısal özellikleri, kullanılan makinaların çalışma performansına etki ederek, ürün kalitesini ve verimini değiştirebilmektedir.

Muhafaza konuları olan kuru ot, haylaj ve geleneksel silaj konuları bir arada değerlendirildiğinde, ezme ünitesi diskli çayır biçme makinası ile yapılan hasatlardan elde edilmiş haylajların, NYD bakımından diğer konulara göre istatistiksel anlamda ve $p < 0.05$ önem düzeyinde farklı olduğu belirlenmiştir. Tamburlu ot biçme makinası ile hasat edilerek haylaj yapılan ürünlerin, NYD'i düşüktür. Bu durumu, hasat makinalarının ürüne yapmış olduğu etki ile değerlendirerek açıklamam mümkün olabilir. Ezme ünitesi diskli çayır biçme makinası ile hasat edilen ürün, en az 3-4 yerinden kırmakta ya da ezmektedir. Ezilen materyalde mikroorganizmaların şekere hızla ulaşması ile Süt Asidi Bakterilerinin faaliyetlerinin hızlandığı ve iyi koşullarda fermantasyon sürecinin oluştuğu söylenebilir. Bu etkinin, tamburlu hasat makinası ile hasat edilen üründe daha az olduğu deneme sırasında yapılan gözlemlerde belirlenmiştir. Tamburlu hasat makinası ile hasat edilen ürünlerde ezilme işlemi yapılmadığından, bitki bünyesi içindeki şekerin yeterince açığa çıkmaması, fermantasyon koşullarını bir miktar etkilemiş ve NYD'de düşmelere neden olduğu tahmin edilmektedir.

NYD bakımından en iyi kalite değerinde olan konudur. Benzer özelliklere sahip farklı yem bitkilerinde bu sistemin kullanılabilir olacağı

söylenbilir. Bölge iklim koşulları için "Ezme üniteli diskli çayır biçme makinası + rulo balya makinası + rulo sarma makinası" kullanılarak %45-60 KM içerikli ürünlerin haylal olarak hazırlanması küçük işletmelere tavsiye edilebilir.

KAYNAKLAR

Anonim (2002). Yarı otomatik protein cihazları kullanım klavuzları, TS 1620, TS 1727, TS 4500, 24.08.1974 Tarihli Resmi Gazete Yem Analiz Metotları Bölümü, Ankara, Nisan 2002.

Anonim (2016). Operator's manuel ankom 200/200 fiber analizler. 2052 O'Neil Road, Macedon NY 14502. www.ankom.com.

Ball DM, Hoveland CS, Lacefield GD (1996). Forage quality in southern forages. Potash & Phosphate Institute. Norcross, Georgia. Pp. 124-132.

Baytekin H, Gül İ (2009). Yem bitkilerinde hasat, kuru ot üretimi, depolama ve silaj. Yem Bitkileri Genel Bölüm Cilt 1. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, İzmir. pp.121-140.

Bilgen H, Yalçın H, Özkul H, Çakmak B, Polat M, Kılıç A (2005). Plastik rengi, vakum uygulaması ve bekletme şeklinin paket mısır silaj yemi kalitesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, ISSN 1018-8851, 42(2): pp 77-85.

DATAEM (2016). Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Çeşit Kataloğu. www.cukurovataem.gov.tr, Erişim: 08.08.2016.

Kalaycı M (2005). Örneklerle jump kullanımı ve tarımsal araştırmalar için varyans analiz modelleri. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 21, Eskişehir.

Kılıç A (2010). Silo yemi (öğretim-öğrenim ve uygulama örnekleri) el kitabı. Hasad Yayıncılık, İstanbul. P. 263.

Kutlu HR (2008). Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Ders notları, Adana.

Kutlu HR (2009). Tüm yönleri ile silaj yapımı ve silajla besleme. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Seminer notları, Adana.

Mayouf R, Arbouche F (2014). Chemical composition and relative feed value of three mediterranean fodder shrubs. African Journal of Agricultural Research. 9 (8): pp. 746-749.

Müller CE (2009). Long-stemmed vs. cut haylage in bales-effects on fermentation aerobic storage stability, equine eating behaviour and characteristics of equine faeces. Animal Feed Science and Technology, Volume 152, Issue 3: pp. 307-321.

Polak M, Jancovo M (2006). Effectiveness of conditioning herbage at harvesting. 12 th International Symposium Forage Conservation, Brno, Czech Republic, April 3-5, 2006. p. 186-189.

Russell MA, Johnson KD (2014). Selecting quality hay for horses. www.agry.purdue.edu./ext/forages/publications/id-190.htm, Erişim tarihi: 11.12.2014.

Yaman S, Sönmezler C (2011). Balya silajı üretim tekniğinin geliştirilmesi. TÜBİTAK Destekli Proje Sonuç Raporu, Proje No: 105G086.

Yavuz M, İpsaş S, Ayhan V, Karadağ Y (2009). Yem bitkilerinde kalite tayini ve kullanım alanları. Yem bitkileri Kitabı. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, İzmir. Genel Bölüm. Cilt 1. Bölüm (5): p.163-172.

Yılmaz H, Gül M, Parlakay O, Akkoyun S, Bilgili ME, Vurarak Y, Kılıçalp N, Hızlı H (2015). Doğu Akdeniz Bölgesi süt sığırcılığı işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu, Proje No: TAGEM/TEAD/12/TE/000/009, Adana, p.107, (Yayınlanmıştır).

Yurtsever N (1984). Deneysel istatistik metodları. Tarım Orman Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, p.574.

Mikro Havza Ölçeğinde Erozyona Duyarlılık Parametreleri İle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Fikret SAYGIN^{1,*} 

Orhan DENGİZ²

Serkan İÇ¹

¹Zir. Yük. Müh. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): fikretsaygin@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 11.10.2017

Kabul tarihi (Accepted): 11.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654768

Öz

Hızlandırılmış toprak erozyonunun oluşumu, iklim ve toprak özelliklerine doğrudan bağımlı iken diğer faktörler erozyon olayının boyutunu ve yönünü belirlemektedir. Tahmin modellerine girdi olacak şekilde toprağın aşınabilirlik karakterinin belirlenmesi, erozyon çalışmalarında ilk adımı oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Bayburt ili sınırları içerisinde yer alan mikro havzaya ait işlemeli tarım yapılan toprakların aşınabilirliğini Evrensel Toprak Kayıp Eşitliği'nin alt bileşeni olan toprak aşınım faktörü (USLE-K), dispersiyon oranı (DO) ve kil oranı (KO) göstergeleri ile ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda mikro havza içerisinde tarım arazilerinin yer aldığı 28 farklı noktadan toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvar çalışmasından sonra elde edilen veriler dijital ortama aktarılmış ve istatistiksel olarak test edilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre mikro havza içerisinde yer alan işlemeli tarım arazileri toprakların erozyona karşı hassasiyetleri değişkenlik göstermektedir. Toprakların USLE-K değerleri 0.070-0.580 t ha⁻¹ ha MJ⁻¹ h mm⁻¹ arasında değişirken KO değerleri ise 1.05-6.71 arasında değişim göstermiştir. Ayrıca DO değeri ise 5.81 ve 48.55 arasında değiştiği belirlenmiştir. USLE-K'ya göre tarım toprakların yaklaşık %78.6'sı fazla ve çok fazla aşınabilir sınıfa girerken, DO'a göre bu oran toprakların % 50'si ve KO'nun büyük çoğunluğu erozyona karşı dayanaksız olup, bu topraklar nadas ve buğday tarımı yapılan alanlarda yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dispersiyon oranı, kil oranı, mikro havza, usle-k

Relationships Between Erodibility And Some Soil Properties Of Soils In Micro Chatchment Scale

Abstract

Generation of accelerated soil erosion depends on climate and soil properties directly, and also other factors determine its dimension and direction. Determination of soil erodibility characteristic as an input to predicting models is first step for soil erosion studies. The objective of this study was to reveal the erodibility of tillage soils by using soil erodibility factor (USLE-K), which has been the subfactor of Universal Soil Loss Equation (USLE), dispersion ratio (DR) and clay ratio (CR) indices on micro basin of Bayburt province located on Eastern Black Sea Region of Turkey. For this purpose, 28 soil samples were taken from different location points of cultivated land in micro basin. After laboratory studies, the data obtained were transferred to digital platform and tested statistically. According to evaluation results, the erosion sensitivity of micro basin soils was found to be different from each other. CR values varied between 1.05 and 6.71 while USLE-K values were calculated between 0.070 and 0.580 t ha⁻¹ ha MJ⁻¹ h mm⁻¹. In addition, DR was also found between 5.81 and 48.55. According to USLE-K, 78.6% of cultivated land soils was classified as high and very high erodible soil while more than half of soils

samples was classified low resist against to soil erosion. Moreover these soil samples were located on cultivated lands which have been used as fallow and wheat growth.

Key words: Dispersion ratio (dr), clay ratio (cr), micro basin, usle-k

GİRİŞ

Dünya üzerinde pek çok insan tarafından sadece bir üretim materyali olarak düşünülen toprak, bilim adamları tarafından yaşayan ve yaşatan, canlı, dinamik bir varlık olarak tanımlanmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde mevcut toprak yapımızı arttıramayacağımız için sürdürülebilirliği sağlamak adına topraktan kayıpları en aza indirmek durumundayız. Bir başka deyişle toprak oluşumunu hızlandırmak mümkün olmadığı gibi, toprak varlığını suni olarak da artırmak mümkün değildir. Bu nedenle toprak konusunda diğer doğal kaynaklara oranla daha hassas olmak gerekir. İnsan, bitki ve hayvan hayatında önemli bir etkisi olan toprak, ekolojik, biyolojik, ekonomik ve kültürel fonksiyonları ile en önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Ancak gerekli önlemlerin alınmaması, aşırı ve yanlış kullanım ve doğal etmenlere karşı etkili korunmaması nedeniyle giderek kaybolmaktadır (Kanar ve Dengiz., 2015).

Erozyon bir toprağın yüzeyinin su veya rüzgâr etkisiyle aşınma uğraması ve bulunduğu yerden geri dönüşümü mümkün olmayacak şekilde uzaklaşmasıdır. Toprak aşınımı, erozyonun doğal bir parçası olsa da, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini tehdit etmesi açısından önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (İmamoğlu vd., 2016).

Ülkemizdeki erozyon tehlikesinin boyutunun fazla olduğu ve uygulamaya yönelik her türlü bilimsel ve uzmansal, önleme veya koruma önlemleri alınmazsa, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri-dönüşümsüz safhalara gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir (Erpul ve Deviren-Saygın., 2012). Hızlandırılmış toprak erozyonunun oluşumu, iklim ve toprak özelliklerine doğrudan bağlı iken, diğer faktörler erozyon olayının boyutunu ve yönünü belirlemektedir (Yakupoğlu ve Demirci, 2013). Kaldı ki, hızlandırılmış toprak erozyonu ile zaten kısıtlı olan kaynaklarımız, gelecekte büyük bir tehdit altında kalabilir (Erpul ve Deviren Saygın., 2012).

Toprağın aşınabilirliği, toprak özellikleri ile arazi kullanım durumuna bağlı olarak değiştiği gibi, yağışın erosivitesine göre de değişebilir (Kanar ve Dengiz, 2015). Bu sebeple toprağın aşınmaya karşı direnci ya da erozyona karşı duyarlılığını ortaya koymak için, erozyona neden olabilecek parametreler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Bayburt il sınırları içerisinde yer alan mikro havzası içerisinde yayılım gösteren toprakların aşınabilirliğini Evrensel Toprak Kayıp Eşitliliği'nin alt bileşeni olan toprak aşınım faktörü (USLE-K), dispersiyon oranı (DO) ve kil oranı (KO) gibi erozyon duyarlılık parametreleri ile topraklarının erozyona duyarlılık durumlarının belirlenmesi ve enterpolasyon modelleri kullanılarak havza topraklarının erozyona hassasiyeti değerlendirilip haritalarının elde edilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanının genel tanımı

Coğrafi konum

Bayburt ili 40° 37' Kuzey Enlemi ile 40°45' Doğu boyları, 39°52' Güney enlemi ile 39°37' batı boyları arasında yer alır (Şekil 1). Doğusunda Erzurum, batısında Gümüşhane, kuzeyinde Trabzon ve Rize, güneyinde Erzincan illeri ile çevrili Anadolu'nun kuzey doğusunda Çoruh Nehri kenarında 3739 km² yüzölçümüne sahiptir. Yaklaşık 28499 ha alana sahip olan çalışma alanı mikro havza, deniz seviyesinden 1450 m ile 2450 m arasında yüksekliğe sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası.
Figure 1. Location map of the study area.

İklim

Bayburt ili Doğu Karadeniz iklimi ile Doğu Anadolu iklimi arasında, karasal özellikleri ağır basan bir geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Kuzeyde uzanan Karadeniz Sıra Dağları, Karadeniz iklim etkilerinin bölgeye sarkmasını engellemektedir. Bu nedenle bölgede Doğu Anadolu'nun karasal ikliminin etkileri egemendir. Bu nedenle yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Bayburt ili yıllık ortalama sıcaklığı 6.9 °C'dir. Yıllık ortalama yağış ise 442.1 mm'dir.

Arazi kullanımı arazi örtüsü

Bitki örtüsü açısından çeşitlilik göstermesine rağmen, zengin değildir. Çalışma alanına ait Corine 2012 sınıflamasına göre arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerine ait dağılımı alanları ve oranları Çizelge 1' de ve Şekil 2' de verilmiştir. Havzanın yaklaşık yarısından fazlasını meralık alanlar ile seyrek bitki alanları (% 50.8) oluştururken, % 47.2'lik alanları ise tarım arazileri oluşturmaktadır.

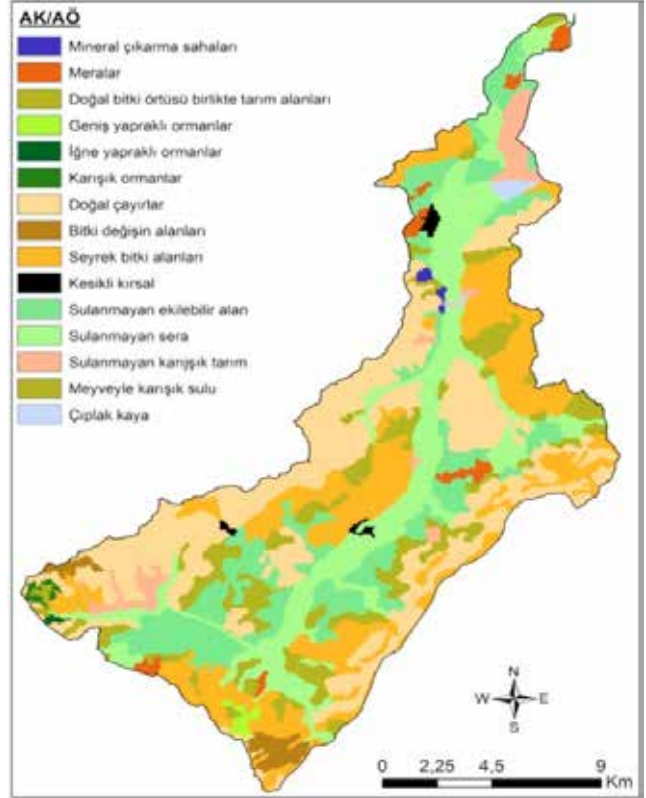
Yöntem

Dispersiyon oranı: Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Lal, 1988).

Çizelge 1. Havzanın arazi kullanımı ve arazi örtüsü dağılım alanları ve oranları.

Table 1. Land use and land cover distribution areas and rates of the Basin.

Arazi Kullanım-Arazi Örtüsü	Alan	
	ha	%
Endüstriyel veya ticari birimler	32.4	0.1
Mineral çıkarma sahaları	64.0	0.2
Meralar	430.1	1.5
Doğal bitki örtüsü birlikte tarım alanları	2887.7	10.2
Geniş yapraklı ormanlar	118.3	0.4
İğne yapraklı ormanlar	28.4	0.1
Karışık ormanlar	80.2	0.3
Doğal çayırlar	7729.0	27.2
Bitki değişim alanları	403.4	1.4
Seyrek bitki alanları	5902.5	20.8
Kesikli kırsal	130.4	0.5
Sulanmayan ekilebilir alan	4414.5	15.6
Sulanmayan sera	4960.4	17.5
Sulanmayan karışık tarım	860.2	3.0
Meyveyle karışık sulu	332.1	1.2
Çıplak kaya	125.6	0.4
Toplam	28499.0	100.4



Şekil 2. Çalışma alanı arazi kullanımı /arazi örtüsü haritası.
Figure 2. Study area land use / land cover map.

Erodibilite (USLE-K) faktörü: K faktörü, her bir noktasal toprak örneği için yapılacak laboratuvar analizine dayalı olarak aşağıdaki ampirik eşitlikten yararlanılarak belirlenir (Wischmeier and Smith, 1978).

$$USLE-K = ((2.17 \times 10^{-4}) \times (M1.14) \times (12-a) + 3.25 \times (b - 2) + 2.5 \times (c - 3)) \times d \quad (1)$$

Bu eşitlikten çıkan sonuçlara göre aşağıdaki Çizelge 2'de USLE-K sınıf değeri belirlenir.

Çizelge 2. USLE- K sınıf değerleri.

Table 2. USLE-K class values.

Tanım	Sınıf	Değer
Çok az aşınabilir topraklar	1	0.00-0.05
Az aşınabilir topraklar	2	0.05-0.10
Orta derecede aşınabilir topraklar	3	0.10-0.20
Fazla aşınabilir topraklar	4	0.20-0.40
Çok fazla aşınabilir topraklar	5	0.40-0.60

Kil Oranı: Mekanik analizde ölçülen kum+silt % değerinin, kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Özdemir, 2002). Tekstür: Toprakların tekstür sınıfları hidrometre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Hidrolik iletkenlik: Toprakların hidrolik iletkenlik değerleri, su seviyesinin sabit olduğu hidrolik geçirgen setler yardımıyla hesaplanmıştır (Klute ve Dirksen, 1986). Toprakların hacim ağırlığı değerleri 100 cm³ hacimdeki çelik silindire yardımıyla ve içerisinde alınan yapısı bozulmamış toprak örnekleri 105°C sıcaklıkta etüvde kurularak hesap yöntemiyle belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986). Toprak organik maddesi, Walkley-Black yöntemiyle organik maddenin 1N K₂Cr₂O₇ ve H₂SO₄ ile oksitlenmesi ve 0.5N FeSO₄.7H₂O ile titrimetrik olarak belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1994). Toplam Azot: Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Bremner, 1965). Toprakların pH değerleri, 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda ve saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Soil Survey Laboratory, 1992). Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri, 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda ve saturasyon çamurunda elektriksel kondaktivite aleti ile belirlenmiştir (Richards, 1954). Toprakların kireç miktarı, serbest karbonatların Scheibler Kalsimetresi ile tayin edilip % olarak belirlenmiştir (Kacar, 1994). Değişebilir katyonların belirlenmesi için, 3 g toprak örneği pH'sı 7 olan 25 ml 1N amonyum asetat (CH₃COONH₄) ile ekstrakte edilmiş ve filtre

kâğıdından süzümüştür. Süzükteki Na ve K atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile Ca ve Mg 0.01M EDTA ile titre edilerek belirlenmiştir (Sağlam, 1997). Toprak örneklerinde fosfor, mavi renk metoduna göre belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

Toprak parametrelerinin değerinin alansal dağılımının belirlenmesinde en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden IDW, yöntemi kullanılmıştır. IDW enterpolasyon tekniği, deterministik bir yöntemdir (Özyazıcı vd, 2016). Deterministik teknikler enterpolasyon işleminde matematiksel fonksiyonları kullanırken, Stochastic (jeostatistiksel) yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak işlem yapmaktadır. IDW enterpolasyon tekniği, enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Bu teknik, enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. En fazla yakındaki veri etkilenir. Yüzey ise yakınlık derecesine bağlı olarak daha fazla ayrıntıya sahip olur (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). Çalışma alanına ait elde edilen toprak analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler SPSS 12.0 paket programında yapılmış, uygunluk sınıfların konumsal dağılım alanlarının belirlenmesinde ise ArcGIS 10.2v programları kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

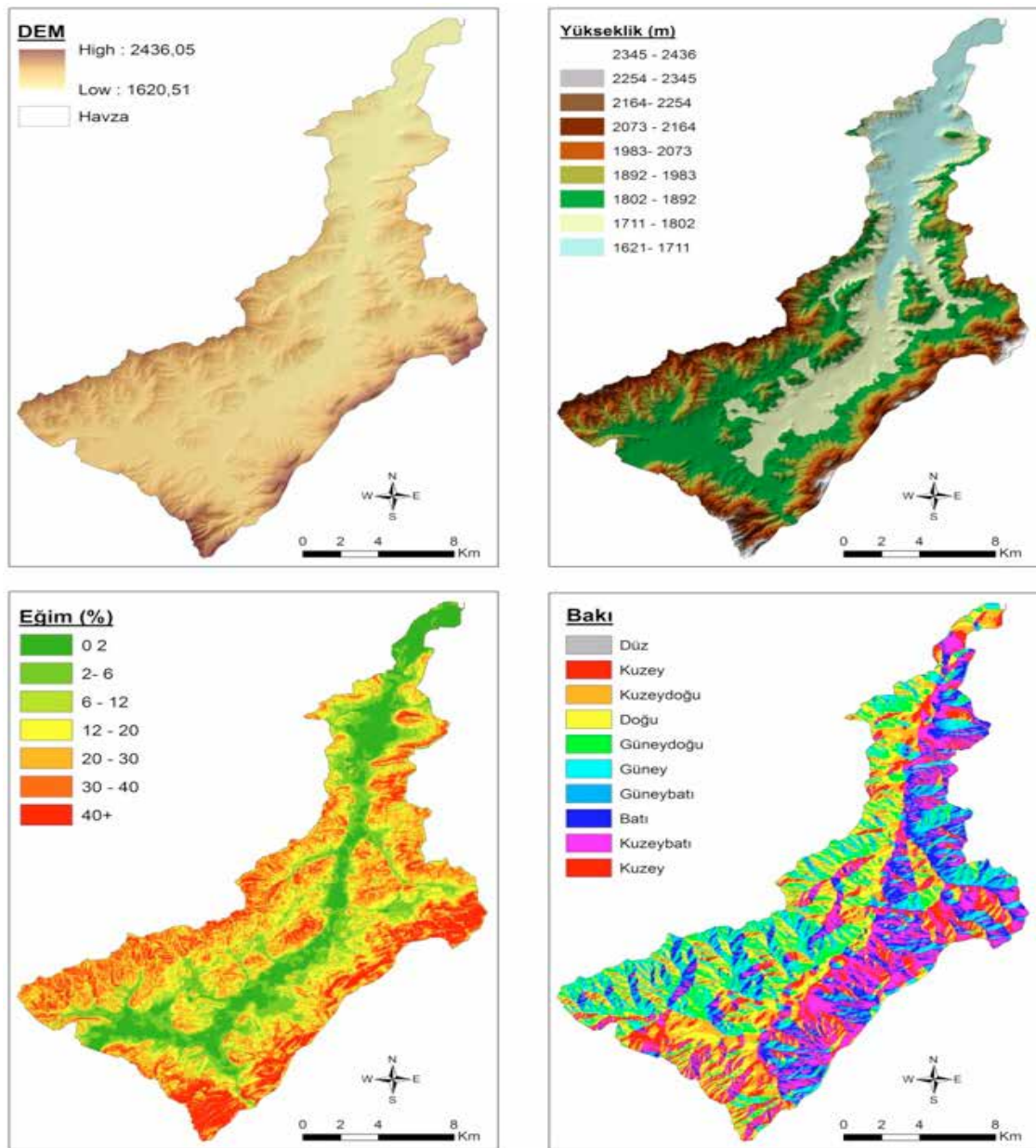
Havzaya ait temel coğrafi özellikler

Havzanın temel coğrafi özelliklere yönelik olarak sayısal yükselti modeli, yükseklik, eğim ve baki haritaları Şekil 3'te ve eğim ve baki sınıflarına ait alansal ve oransal dağılım ise Çizelge 3' te verilmiştir. Çalışma alanı deniz seviyesinden 1621 m ile 2436 m yükseklik arasında olup, havzanın büyük bir çoğunluğu tepelik ve dağlık arazilerden oluşmaktadır. Arazilerin özellikle vadi tabanlarında dağılım gösteren alanlarda eğim % 0-6 arasında düz düze yakın ve hafif eğimler % 27'lik kısmı kaplarken, dik, çok dik ve sarp araziler ise toplam alanın yaklaşık % 44.3'lük kısmında yayılım göstermektedir. Havzanın yaklaşık %40'lık kısmı kuzey baki ve kuzey bakının ara baki sınıflarına ait iken, yine yaklaşık üçte birlik (% 31.6) kısım ise güney baki ve güney bakının ara baki sınıflarının dağılım gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 3. Araştırma alanı eğim ve baki sınıflarına ait alansal ve oransal dağılım.

Table 3. Spatial and proportional distribution of the study area slope and view classes.

Eğim (%)	Alan		Baki	Alan	
	ha	%		ha	%
0-2	3609.6	12.7	Düz	1747.1	6.1
2-6	4066.4	14.3	Kuzey	5602.0	19.7
6-12	3494.8	12.3	Kuzeydoğu	3835.9	13.5
12-20	4724.8	16.6	Kuzeybatı	1868.1	6.6
20-30	5574.8	19.6	Güneydoğu	2891.1	10.1
30-40	4040.7	14.2	Güney	2675.8	9.4
40+	2987.9	10.5	Güneybatı	3461.3	12.1
			Batı	4526.2	15.9
			Doğu	3759.8	13.2
Toplam	28499.0	100.0		28499.1	100.0



Şekil 3. Çalışma alanı dem (sayısal yükselti modeli), yükseklik, eğim ve baki haritaları.

Figure 3. The study area dem (digital elevation model), elevation, slope and views maps.

Toprak özellikleri ve istatistik analizleri

Araştırma sahasından alınan 28 toprak örneğinin 22 adet farklı parametresi (DO, KO, USLE-K, kum, kil, silt, O.M, H.A, H.C, pH, EC, kireç, P, K, Ca, Mg, Na, N) incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 4). Toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (% 15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Wilding, 1985; Sağlam, 2013 ve Mulla ve Mc Bratney, 2000). Bu çalışmada OM, HA, pH, EC, K, Mg, Na, KO, USLE-K değişkenlik katsayıları düşük iken, kum, kil, Ca, DO ise yüksek değişkenlik özellikleri göstermektedir. Yapılan analizler sonucu elde edilen veriler ışığında hazırlanan Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere kum, kil, silt, EC, Ca, N, USLE-K normal dağılımlar sergilemektedir. HA ve pH sola çarpık dağılım özelliği gösterirken OM, HC, kireç, P, Mg, Na, DO ve USLE-K ise sağa çarpık özellik göstermektedir. Çarpıklık katsayılarının normal dağılımdan en uzak değer gösteren toprak

özelliğinin Na olduğu, en yakın değer gösteren toprak özelliğinin ise kum özelliği olduğu görülmüştür.

Toprakların erozyon duyarlılık parametrelerinin değişim durumları incelendiğinde en yüksek değişkenlik dispersiyon oranında belirlenmiş olup 5.81 ile 48.55 arasında değişmektedir. Toprakların kil oranı ortalama 2.53 iken USLE-K değerleri 0.07 ile 0.58 arasında değişmektedir.

Çalışma alanı topraklarının fiziksel özelliklerinden bünye dağılımı içerisinde kum %12.8 ile %75.8, kil %12.9 ile %48.8, silt ise %10.5 ile %39.9 arasında değişmektedir. Hacim ağırlığı ile hidrolik iletkenlik ise sırasıyla 1.17-1.59 gr/cm³ ve 1.37-25.59 cm/h arasında değişmektedir. Toprakların reaksiyonu hafif asit ile hafif alkali arasında değişmekte olup ortalama 7.51 dir. Tüm topraklar tuzsuz olup, kireç % 0.55 ile % 17.52 arasında değişmektedir. Diğer bir toprağın önemli bir kimyasal özelliği olan organik madde ise çok fazla değişkenlik göstermekte ve % 0.73 ile %5.22 arasındadır. Toprakların verimlilik

Çizelge 4. Yüze (0-20 cm) topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri.

Table 4. Descriptive statistics of the physical and chemical properties of the surface (0-20 cm) soil.

Parametreler	Tanımsal İstatistik özellikler							
	Ort.	S.S	DK*	Varyans	EDD	EYD	Çarpıklık**	Basıklık
Kum %	40.70	16.30	62.91	265.99	12.8	75.80	0.379	-0.564
Kil %	32.66	10.55	35.86	111.44	12.9	48.83	-0.415	-0.715
Silt %	26.62	8.19	29.39	67.22	10.5	39.90	-0.327	-0.647
O.M %	2.05	0.98	4.49	0.97	0.72	5.22	1.449	2.877
HA gr/cm ³	1.41	0.11	0.42	0.01	1.17	1.59	-0.591	-0.414
H.I cm/h	7.78	6.94	24.22	48.28	1.37	25.59	1.336	0.830
pH	7.51	0.28	1.05	0.08	6.82	7.87	-0.792	-0.149
EC dS m ⁻¹	0.45	0.11	0.47	0.02	0.23	0.69	-0.171	-0.150
Kireç %	5.42	5.59	16.97	31.29	0.55	17.52	0.942	-0.602
P mg/kg	5.79	4.82	21.29	23.31	1.81	23.10	2.511	6.409
K me/100 gr	0.62	0.30	1.336	0.09	0.13	1.47	0.892	0.809
Ca me/100 gr	26.67	9.03	36.68	81.51	8.87	45.56	0.371	-0.251
Mg me/100 gr	4.30	2.58	10.23	6.66	0.94	11.18	1.247	1.511
Na me/100 gr	0.07	0.06	0.28	0.01	0.01	0.28	1.917	3.730
N %	0.12	0.40	0.18	0.002	0.05	0.23	0.465	0.520
DO	18.20	11.20	42.74	125.49	5.81	48.55	1.322	0.879
KO	2.530	1.610	5.66	2.592	1.05	6.71	1.567	1.591
USLE-K	0.301	0.125	0.51	0.016	0.07	0.58	0.135	-0.449

*DK: Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik. 15-35 = Orta Değişkenlik. n: 28-Örnek Sayısı, Ort.: Ortalama, S.S: Standart Sapma, EDD: En düşük değer, EYD: En yüksek değer, OM: organik Madde, EC: Elektriksel İletkenlik, DO: Dispersiyon Oranı, KO: Kil Oranı, USLE-K: Erodibilite faktörü, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidroik İletkenlik., >35 = Yüksek Değişkenlik. **Çarpıklık:< 0.5 = Normal Dağılım. 0.5- 1.0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1.0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

özellikleri arasında fosfor, potasyum ve azot sırasıyla 1.82 ppm ile 23.11 ppm, potasyum 0.14 ile 1.47 me/100 gr ve azot ise % 0.05 ile % 0.23 arasında değişmektedir.

Toprakların ayrıca erozyon duyarlılık parametrelerinden olan DO, USLE-K ve KO analiz sonuçları ile diğer bazı temel toprak analiz sonuçları arasındaki ayrı ayrı ilişkilerine bakılmıştır. Bu ilişkilere ait korelasyon katsayıları ve önem düzeyleri Çizelge 5'te sunulmuştur. Analiz sonuçlarının normal dağılıp dağılmadığına Kolmogorov-Spirnov testi SPSS (Karaatlı, 2010) ile kontrol edilmiştir. Toprak özellikleri arasındaki ilişki Spearman korelasyonu kullanılarak analiz edilmiş ve önemli korelasyonlar belirlenmiştir. Büyüköztürk (2009) korelasyon katsayısını 1.00 ile 0.70 arasında yüksek, 0.96 ile 0.30 arasında olması orta ve 0.29'un altında olmasını ise düşük düzeyde ilişki olduğunu şeklinde sınıflandırmıştır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre DO, USLE-K, KO sonuçlarının diğer fiziksel toprak analiz sonuçlarıyla 45 korelasyon çiftinden 32 tanesi istatistiksel olarak anlamlı (p: <0.05, p: <0.01) bulunmuştur. Erozyon duyarlılık parametreleri ile diğer toprak analizleri sonuçlarına bakıldığında ise 45 korelasyon çiftinden 24 tanesi istatistiksel olarak anlamlı (p: <0.05, p: <0.01) bulunmuştur. Ayrıca DO, USLE-K, KO ile diğer toprak analizleri ilişkisinde en yüksek pozitif korelasyon KO ile kum (0,90*) arasında görülürken en yüksek negatif

korelasyon ise KO ile kil arasındadır (-1,00**). Bu çalışma göstermiştir ki USLE-K ve KO'nun kil içeriği ile olan ilişkilerinin negatif yönde önemli bulunması ve korelasyon katsayısının 1'e yakın çıkması toprak aşınabilirliğinin kil içeriğinden kuvvetli derecede etkilendiğini ve kil fraksiyonu miktarı diğerlerinden fazla olan toprakların aşınımına karşı daha dirençli olduklarını göstermektedir.

Toprakların erozyon duyarlılık özellikleri

Havzanın erozyon duyarlılık özelliğinin belirlenmesi amacıyla alınan 28 toprak örneğinde kil oranı, dispersiyon oranı ve USLE-K değerleri belirlenmiştir. Havza topraklarına ait erozyon duyarlılık parametrelerine ait değerler Çizelge 6 ve haritaları ise Şekil 4' te verilmiştir.

USLE-K faktörünün tanımlanmasına yönelik olarak, birim erozyon parselinden elde edilen ortalama toprak kaybı olarak ifade edilmiştir. Başkan ve Dengiz (2008), Ankara'nın Soğulca Havzası'nda geleneksel ve jeostatistik yöntemlerle toprağın aşınabilirlik (K faktörü) haritasını hazırlamışlardır. Bu kapsamda çalışma alanı içerisinde farklı kullanımlardan alanına toprak örneklerine ait aşınabilirlik değerlerinde çok az ve orta aşınabilir sınıflar yer almaz iken az aşınabilir seviyede sadece B2 ve B19 nolu topraklar belirlenmiştir. Çalışma alanı toprakların çoğu fazla ve çok fazla aşınabilir sınıflarda yer almaktadır.

Dispersiyon oranı topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren bir göstergedir. Eğer topraktaki en küçük boyuta sahip agregatlar dahi suya dayanıklı ise, toprak erozyona dirençli olmaktadır. Bu sebeple toprağın erozyona eğilimini belirlemek amacı ile toprağın dispersiyon analizi yapılmıştır. Dispersiyon oranı % 15'ten küçük olan topraklar erozyona karşı dayanıklıdır. Dispersiyon oranı % 15'ten büyük olan topraklar ise erozyona karşı dayanıksız oldukları belirtilmektedir (Bryan, 1968). Çalışma alanına ait toprakların dispersiyon oranı değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Havzadan alınan örneklerde yapılan analizler sonucu bulunan dispersiyon oranı değerleri % 5.81 ile % 48.55 arasında olduğu belirlenmiştir. Havzanın ortalama olarak dispersiyon oranı değeri ise % 18.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5. Toprak erozyon duyarlılık özellikleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi.

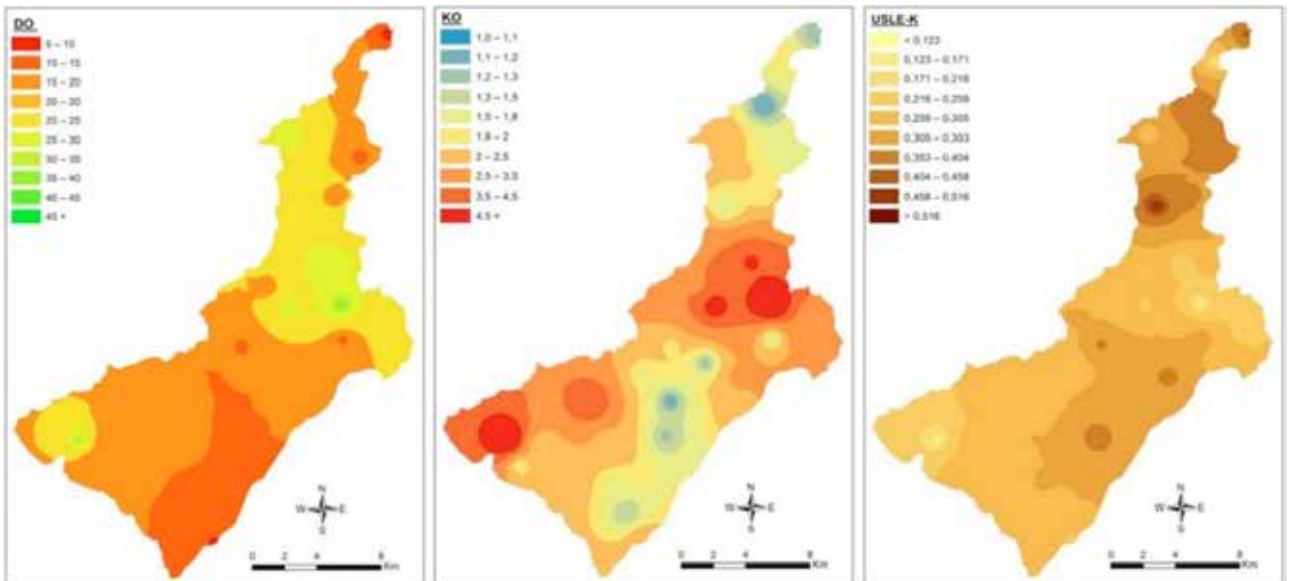
Table 5. Correlation relation between soil erosion sensitivity properties and some soil properties

Toprak Özellikleri	Erozyon Duyarlılık Parametreleri		
	DO	USLE-K	KO
Kum %	0.58	-0.87**	0.90*
Kil %	-0.54	0.68*	-1.00**
Silt %	-0.42	0.83**	-0.48*
O.M %	-0.43	0.23**	-0.33
H.A gr/cm ³	0.53	-0.57**	0.60*
H.I cm/h	0.34	-0.53*	0.79
pH	0.10	0.21**	-0.07*
EC dS.m ⁻¹	-0.61	0.46**	-0.46
Kireç %	-0.17	0.32**	-0.35*
P mg/kg	-0.20	-0.00*	-0.14
K me/100 gr	-0.34	0.33**	-0.44*
Ca me/100 gr	-0.59	0.71**	-0.64
Mg me/100 gr	-0.39	0.49**	-0.72*
Na me/100 gr	-0.40	0.68*	-0.71
N %	-0.57	0.45**	-0.39*

*: p<0,05 **:p<0,01

Çizelge 6. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin, arazi kullanım, koordinatları ve erozyon duyarlılık değerleri.
Table 6. Land use, coordinates and erosion susceptibility values of the soil samples of the study area.

Örnek No	Koordinat (37 Zone, UTM m)		Arazi Kullanım	Dispersiyon Oranı	Kil Oranı	USLE-K
	Doğu	Kuzey				
B0	563282	4427649	Buğday	10.41	1.71	0.27
B1	565854	4427769	Buğday	17.84	2.31	0.33
B2	562450	4429300	Yonca	38.79	6.71	0.09
B3	564548	4428888	Buğday	11.11	1.76	0.29
B4	568937	4426548	Yonca	13.48	1.76	0.33
B5	568556	4429289	Yonca	18.51	2.37	0.31
B6	567551	4431607	Yonca	26.90	4.97	0.21
B7	569840	4424658	Yonca	7.52	1.22	0.30
B8	570840	4422864	Buğday	8.66	2.38	0.22
B9	572285	4429490	Nadas	12.30	1.24	0.46
B10	572555	4431736	Çayır	11.60	1.11	0.32
B11	570905	4433418	Korunga	13.52	1.77	0.17
B12	574729	4434217	Mısır	18.70	1.20	0.38
B13	578872	4435741	Yonca	8.24	1.55	0.38
B14	576746	4433330	Nadas	12.01	2.58	0.45
B15	581302	4437086	Nadas	15.87	2.96	0.17
B16	575307	4437800	Nadas	36.44	5.10	0.21
B17	574235	4439123	Buğday	12.34	3.36	0.23
B18	572621	4435300	Buğday	8.88	1.93	0.41
B19	578765	4437964	Yonca	48.55	6.66	0.07
B20	577569	4440645	Buğday	37.31	4.62	0.18
B21	576082	4444223	Buğday	21.32	1.52	0.58
B22	578251	4444858	Nadas	14.89	1.86	0.39
B23	579905	4447412	Nadas	8.65	1.56	0.39
B24	575631	4448758	Buğday	35.19	2.41	0.24
B25	578347	4450631	Buğday	19.82	1.05	0.49
B26	579659	4453441	Buğday	15.06	1.97	0.15
B27	581600	4455207	Buğday	5.81	1.22	0.43



Şekil 4. Çalışma alanı erozyon duyarlılık haritaları.
Figure 4. Study area erosion susceptibility maps.

SONUÇLAR

Havzadan arazi kullanım ve arazi örtüsü dikkate alınarak 28 adet toprak örneklerinde kil oranı, dispersiyon oranı, erodibilite, belirlenerek havza topraklarının erozyona hassaslıkları belirlenmiştir. Tüm duyarlılık sınıflarından da görülmektedir ki havza toprakları erozyona karşı büyük duyarlılıkları vardır. Bu durum özellikle eğimi yüksek olan, sığ toprakların yer aldığı alanlar ile tarım yapılan alanlarda daha da fazla duyarlı olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında toprakların erozyon duyarlılıklarını azaltmak, agregatlaşmayı artırmak ve K faktörü değerini düşürmek için toprak koruma yöntemi olarak bitkisel yöntemlere ağırlık verilmelidir. Bitki ekim nöbeti uygulanmalı, toprağa organik madde ilave edilmelidir. Olanaklar ölçüsünde toprağı çabuk örten ve uzun süre toprak üzerinde kalan bitki türleri seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- Arslanoğlu M, Özçelik M (2005). Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan, Ankara.
- Başkan O, Dengiz O (2008). Comparison of traditional and geostatistical methods to estimate soil erodibility factor, *Arid Land Research and Management*, 22: 29-45.
- Blake GR, Hartge KH (1986). Bulk density and particle density. in: *methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods*. Pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, No:9, (2nd ed), Madison.
- Bouyoucos GJ (1951). A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soil *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner JM (1965). Inorganic Forms of Nitrogen. *Methods of Soil Analysis*. Black, C.A. American Soc. Of Agron. Inc. Publ. Madison Wis., USA, 1197-1287.
- Bryan RB (1968). The development, use and efficiency of indices of soil erodibility, *Geoderma*, 2: 5-26.
- Büyüköztürk Ş (2009). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı. Ankara, Pegem Akademi.
- Erpul G, Deviren-Saygın S (2012). Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapmalı? *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1): 26-32.
- İmamoğlu A, Bahadır M, Dengiz O (2016). Çorum Alaca Havzasında toprak erozyon duyarlılık faktörünün farklı enterpolasyon modeller kullanılarak konumsal dağılımlarının belirlenmesi, *Toprak Su Dergisi*, 5(1): (8-15).
- Kacar B (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. (Toprak Analizleri). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Fonu Yayınları, No. 3, Ankara.
- Kanar E, Dengiz O (2015). Madendere Havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2: 15-27. ISSN: 2148-2306.
- Karaatlı M (2010). Verilerin düzenlenmesi ve gösterimi, Editör: Kalaycı, Ş. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti Ankara, pp. 2-47.
- Klute A, Dirksen C (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity. In: Klute, A. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9: 687-732*. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Lal R (1988). *Soil erosion research methods. soil and water conservation society*, Lucie Press, Florida.
- Mulla DJ, McBratney AB (2000). Soil spatial variability. *Handbook of soil science* CRS Pres., pp. 321-352.
- Olsen SR, Sommers LE (1982). Phosphorus methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties. (Page et al.) p.403-430. ASA, SSSA, Madison, WI.
- Özdemir N (2002). Toprak ve su koruma. OMÜ Zir. Fak. Yayınları No: 22, Samsun.
- Özyazıcı MA, Dengiz O, Aydoğan M, Bayraklı B, Emel Kesim E, Urla Ö, Hakan Yıldız H, Ünal E (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.* 31(1): 136-148.
- Richards LA (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook, 60, 109. Riverside.
- Sağlam M (2013). Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14.
- Sağlam, MT (1997). Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üni. Ziraat Fak. Yayın No: 189, Ders Kitabı No: 5, 2. Baskı, Tekirdağ.
- Soil Survey Staff. (1992). *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. Soil Surv. Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Wilding LP (1985). Spatial variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: DR Nielsen and J Bouma (Eds.), *Soil Spatial Variability*, Pudoc, Wageningen, pp. 166-194.
- Wischmeier WH, Smith DD (1978). Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning, *Agriculture Handbook 537*, United States Department of Agriculture, Washington DC, pp. 58.
- Yakupoğlu T, Demirci D (2013). Kahramanmaraş-Narlı Ovası topraklarının erozyona duyarlılıkları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1): 33-38.

Bulanık Yapay Sinir Ağları ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Günlük Buharlaşma Tahmini

Demet YILDIRIM^{1,*} Bilal CEMEK² Erdem KÜÇÜKTOPCU² 

¹Karadeniz Tarımsal Araşt. Enst. Tarımsal Sulama ve Arazi Isl. Birimi, Samsun
²Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim D., Samsun

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: demet.yildirim@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 11.10.2017

Kabul tarihi (Accepted): 09.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654778

Öz

Hidrolojik döngü için buharlaşma önemli parametrelerden biridir. Buharlaşma su döngüsü ve sulama yönetimi gibi birçok çalışma için kullanılır. Buharlaşmayı hesaplamak için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada farklı iklim parametreleri kullanılarak günlük buharlaşmayı tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Uyarlamalı Ağ Yapısına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) yöntemleri kullanılmıştır. Bu metotlarda test ve eğitim verisi olarak 3 meteoroloji istasyon (Samsun, Bafra ve Çarşamba) verisi kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık, bağıl nem, güneşlenme şiddeti ve rüzgâr hızı farklı kombinasyonlar da tahmin için kullanılmıştır.

Belirtme katsayısı (R²), tahmin hatasının standart sapması (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) gibi farklı istatistik parametreleri kullanılarak model performansını değerlendirilmiştir. Sonuç olarak YSA ve ANFİS metotları özellikle sınırlı iklim parametrelerinin olduğunda buharlaşmayı tahmin etmede yararlı araçlardan olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ANFİS, günlük buharlaşma, Samsun, yapay sinir ağları

Estimation of Daily Evaporation Using Fuzzy Artificial Neural Network (ANFIS) and Multilayer Artificial Neural Network System (YSA)

Abstract

Evaporation is one of the important parameters of hydrological cycle. Evaporation is used for many studies. such as water balance, planning and management of irrigation practices. In order to estimate of evaporation is used various approaches. In study Artificial Neural Network (ANN) and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) is employed to estimate daily evaporation using different climatic parameters. For these methods are trained and tested using the data of three weather stations (Samsun, Bafra and Çarşamba). Mean temperature, relative humidity, global radiation, wind speed are used to estimate different combination for these models. Different statistic parameters such as coefficient of determination (R²), root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE) are used to evaluate performance of the methods. The results showed that ANN and ANFIS methods are useful tools to estimate of evaporation especially when the limited climate parameters are used.

Keywords: Adaptive neuro-fuzzy inference system, daily evaporation, Samsun, artificial neural network

GİRİŞ

Buharlaştırma su kaybı olarak su kaynakları yönetiminde ve gelişimde bir referans olup buharlaştırma oranını tahmini hidroloji planlanmasında oldukça önemli unsurlardan birisidir. Buharlaştırma yeryüzünde sıvı ve katı halde farklı şekillerde bulunan suyun meteorolojik faktörlerin etkisinde kalarak atmosfere gaz halinde geçişidir. Yeryüzüne düşen yağışın önemli bir bölümü buharlaştırma ve terleme yoluyla atmosfere geri kazanılır. Bu kayıpların belirlenmesi ve özellikle kurak mevsimler için hidrolojik olarak önem arz etmektedir. Buharlaştırma, güneş radyasyonu, sıcaklık, rüzgâr hızı, nem, atmosferik basınç ve çevresel koşulların etkilediği bir parametredir. Son yıllarda teknolojik anlamda özellikle bilgisayar alanında ilerlemeler hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu gelişmeler sayesinde insanlar birçok alanda yaptıkları çalışmalarda hızlı olmakta ve zamandan kazanç sağlamaktadır.

İklim verilerinin kullanımı tarımsal faaliyetler ve meteoroloji için çok önemlidir. Farklı yöntemler kullanılarak eksik olan iklim verilerinin belirlenmektedir. Ancak, bu iklim verilerinin sadece klasik istatistiksel yöntemlerle incelenmesi yeterli olmamaktadır.

Ayrıca son yıllarda toprak su ve iklim parametreleri dikkate alınarak mevcut verilerden istenilen başka bir verinin tahmin edilmesinde yapay zeka teknikleri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Günlük buharlaştırma tahmini, bitki su tüketimi (ET)'nin belirlenmesinde alternatif bir yol Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Uyarlamalı Ağ Yapısına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) gibi matematiksel modellerin uygulanmasıdır. YSA mimarisi biyolojik sinir ağlarından esinlenerek geliştirilmiş bir modeldir. Son yıllarda farklı bilimsel uygulamalarda bilgisayar teknolojilerinin gelişimi nedeniyle kendi alanında önemli bir artış olmuştur.

YSA ve ANFİS gibi farklı nemler ile buharlaştırmanın tahmininde farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar; Kişi (2006) yapay sinir ağları ile farklı meteorolojik verileri kullanarak buharlaştırmanın modellenmesi tahmin etmiştir. Sudheer vd. (2002) çok değişkenli hidrolojik modellerin oluşturulmasında Radyal tabanlı yapay sinir ağlarını kullanarak gölde meydana gelen günlük buharlaşmayı tahmin etmişlerdir. Terzi ve Keskin (2005) yapay sinir ağlarında genelleştirilmiş regresyon modeli ile A sınıfı tava

buharlaştırma tahmini yapmışlardır. Doğan ve Işık (2005), Cemek vd. (2010), Boroomand – Nasab ve Joorabian (2011), Cemek vd. (2011), Chung vd. (2012), Atiaa ve Abdul – Qadir (2012) ve Karimi – Googhari (2012) yaptıkları çalışma farklı meteorolojik parametreleri kullanarak YSA ve ANFİS ile buharlaştırma tahmini yapmışlardır.

Çalışmada 3, 4 ve 5 girdi kullanarak YSA için farklı algoritmalar kullanarak ve ANFİS için farklı üyelik fonksiyonları kullanarak günlük buharlaştırma tahmini yapılmıştır. YSA modelinde LM ve SCG eğitim algoritması, tek katmanlı ve çift katmanlı ağ yapısı kullanarak 200, 400 ve 600 iterasyon sayısında tahminler yapılmış ve model performanslarına göre en iyi model belirlenmiştir. ANFİS için farklı girdiler yanında trimp, tramp, gausemf, gausemf2 gibi farklı üyelik fonksiyonlarında model performansları belirlenmiş ve en yüksek R2, en düşük RMSE ve MAE değerlerine göre en iyi model belirlenmiştir.

Bu çalışma YSA ve ANFİS yönteminin ideal olmayan koşullar için hızlı, pratik sonuçlar üretebilen, yüksek doğrulukta tahmin yapabilen ve geleneksel yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

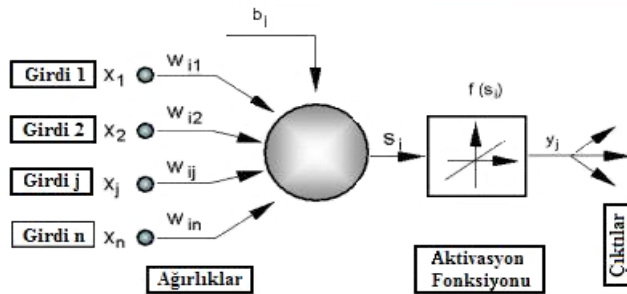
MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Samsun için 1968–2008, Bafra için 1985–2006 ve Amasya için 1983–2010 yılları arasında meteorolojik veriler kullanılmıştır. Meteorolojik veri olarak ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, global güneşlenme ve yağış kullanılmıştır. Bu meteorolojik veriler girdi olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Uyarlamalı Ağ Yapısına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) modellerinde kullanılarak günlük buharlaştırma tahmin edilmiştir.

Yapay sinir ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme ve keşfedebilme yeteneklerine bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek için geliştirilen bir bilgisayar sistemidir. Sinir sisteminden yararlanılarak ortaya çıkarılan YSA paralel çalışma ve eğitebilme yeteneklerini kullanarak biyolojik sinir sistemine benzerlik gösterir. YSA ile bilgileri çok kolay ve hızlı bir şekilde işlenmesi sağlanır ve diğer yöntemlere göre daha cazip olmasını sağlar.

Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. YSA, 1943 yılında yapay sinir tanımını yaparak Şekil 1' deki gibi bir hücre modeli geliştiren McCulloch ve Pitts tarafından başlatıldığı kabul edilir (McCulloch ve Pitts, 1943). Çalışmalarında sinir hücrelerini sabit eşik değerli mantıksal elemanlar olarak modellemişlerdir. Daha sonra öğrenme üzerine çalışmaların yoğunlaştığı 1949 yılında Hebb, yapay sinir ağlarındaki öğrenme için başlangıç noktası sayılabilecek bir kuralı geliştirmiştir (Hebb, 1949). Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar; Girdi Katmanı, Ara Katmanlar (Gizli Katman) ve Çıktı Katmanı'dır. Bir yapay sinir hücresi (nöron), kendisine gelen bir giriş değerini, kendisine gelen birden fazla bağlantıya ait ağırlık değerleri ile çarparak toplamını hesaplar. Sonra toplam değerini etkinlik fonksiyonundan geçirerek bir sonraki katmana çıkış olarak iletir. Çok katmanlı ağlarda, ara katmanlarda genellikle sigmoid etkinlik fonksiyonu, çıkış katmanında ise lineer etkinlik fonksiyonu kullanılır. Basit bir Yapay sinir ağları modeli Şekil 1' de verilmiştir (Jang, 1993).

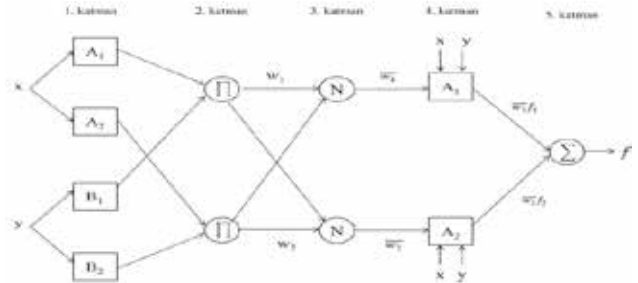


Şekil 1. Basit bir sinir ağları modeli
Figure 1. A simple neural network model

Uyarlamalı ağ yapısına dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS)

Uyarlamalı Ağ Yapısına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive-Neural Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS), yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini ortak kullanan bir yapay zeka yöntemidir. Jang (1993) tarafından 1993 yılında geliştirilmiş olan ANFIS model Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemini ve Melez öğrenme (Hybrid learning) algoritmasını kullanır. Uyarlamalı ağlar, doğrudan bağlanmış düğümlerden oluşur ve bu düğümler, bir işlem birimini gösterir. Düğümler arasındaki bağlantılar, aralarındaki değerler tam olarak belli olmayan bir ilgiyi (ağırlığı) gösterir. Adaptif

ağlar, sistem tanımlama için kullanılır. Verilen giriş-çıkış veri setleriyle tanımlanan bilinmeyen sistemin, en uygun ağ yapısı ve parametre setleriyle en iyi şekilde modellenmesinde kullanılır. Şekil 2' de ANFIS modeli şekilsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. ANFIS Modeli (Jang, 1993)
Figure 2. ANFIS model (Jang, 1993)

Bu çalışmada YSA ve ANFIS' de meteorolojik veriler girdi olarak kullanılmış farklı kombinasyonlar ile oluşturulan modellerde günlük buharlaşma tahmin edilmiştir. YSA ve ANFIS modellerinde farklı kombinasyonlar Çizelge 1' de verilmiştir. Modeller için YSA' da tek katmanlı ve çift katmanlı ağ yapıları kullanılmıştır. Tek katmanlı ağ yapılarında 6*1, 8*1, 10*1, çift katmanlı 6*10*1, 8*10*1 ve 10*10*1 ağ yapılarında işlem yapılmıştır. Levenberg-Marquardt (LM) ve Scaled conjugate gradient (SCG) gibi iki farklı eğitim algoritması kullanılarak elde edilen sonuçlar. 200-400-600 kez iterasyon yapılarak hesaplanan değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. YSA ve ANFIS modellerinde kullanılan girdiler
Table 1. Inputs used in ANN and ANFIS models

	Ort. Sıcaklık	Nem	Rüzgâr Hızı	Gün. Şiddeti	Yağış
YSA ₁	✓	✓	✓	✓	
YSA ₂	✓	✓	✓	✓	
YSA ₃	✓	✓	✓	✓	✓
ANFIS ₁	✓	✓	✓	✓	
ANFIS ₂	✓	✓	✓	✓	

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada YSA ve ANFIS modelleri için ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, global güneşlenme ve yağış verileri farklı kombinasyonlarda kullanılarak günlük buharlaşma tahmini yapılmıştır. Meteorolojik verilerin test ve eğitim verilerinin özet istatistik parametreleri; en büyük, en küçük, ortalama değer, çarpıklık ve standart sapma değerleri Çizelge 2' de verilmiştir.

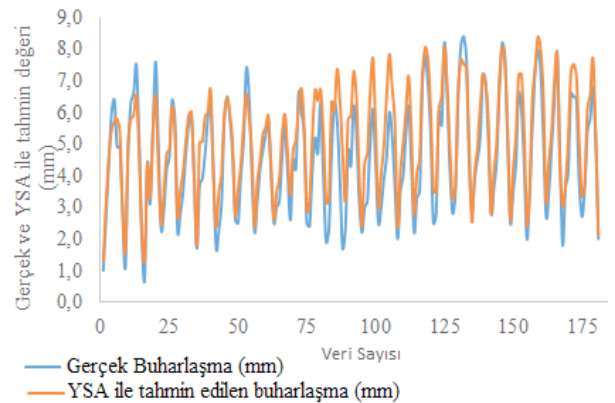
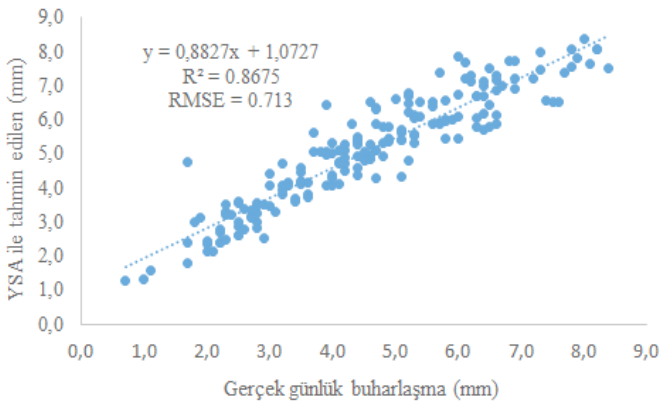
Çizelge 2. Test ve eğitim verilerinin özet istatistik parametreleri
Table 2. Summary statistical parameters of test and training data

Aşama	Değişkenler	En büyük	En küçük	Ortalama	Std Sapma	CV	Çarpıklık	
Test	Amasya	Ort. Sıcaklık	26.4	8	19.14	4.32	22.57	-0.307
		Nem	76	41.2	55.63	6.07	10.91	0.516
		Rüzgâr Hızı	3.1	0.9	1.55	0.369	23.81	0.877
		Global Gün.	144.6	0	13045.01	3233.655	24.79	-0.739
		Yağış	144.6	0	36.62	30.79	84.08	1.198
		Gün. Buh.	8.4	0.7	4.586	1.733	37.79	0.109
Eğitim	Samsun	Ort. Sıcaklık	26.50	3.10	16.29	5.51	33.82	-0.17
		Nem	86.00	55.80	74.64	5.45	7.30	-0.50
		Rüzgâr Hızı	5.4	1.00	2.17	0.61	27.97	1.72
		Global Gün.	19264.20	2638.91	10453.68	4418.48	42.27	-0.12
		Yağış	257.00	0.00	55.93	38.43	68.71	1.31
	Gün. Buh.	6.10	1.00	3.10	1.26	40.74	0.41	
	Bafra	Ort. Sıcaklık	25.00	5.80	16.48	4.75	28.82	-0.23
		Nem	87.30	66.70	76.60	4.26	5.56	0.07
		Rüzgâr Hızı	4.10	0.50	1.71	0.55	32.22	0.70
		Global Gün.	17948.55	2708.90	11015.95	3896.41	35.37	-0.48
Yağış		343.90	0.00	63.85	52.33	81.96	1.87	
Gün. Buh.	7.10	0.90	3.51	1.44	41.03	0.15		

Çalışmada farklı girdiler kullanılarak YSA ve ANFİS uygulamalarında farklı kombinasyonlar da farklı modeller oluşturulmuştur. Modellerde Samsun ve Bafra buharlaşma verileri eğitim verisi. Amasya buharlaşma değerleri ise test verisi olarak kullanılmıştır. Toplamda 472 veri eğitim, 181 veri ise test verisi olarak kullanılmıştır. Farklı kombinasyonlar için buharlaşma tahmin edilmiş ve performans göstergeleri hesaplanarak karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 3). YSA' da LM eğitim algoritmasında elde edilen model sonuçları SCG eğitim algoritmasından daha iyi olduğu belirlenmiştir. 3, 4, 5 girdi kullanılan tek katmanlı (6*1, 8*1 ve 10*1) model sonuçlarının çift katmanlı (6*10*1, 8*10*1 ve 10*10*1) model sonuçlarına göre daha yüksek R²'ye sahip olduğu elde edilmiş. Ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı

ve global güneşlenme girdileri kullanılan LM eğitim algoritmasında. 600 iterasyon yapılarak 8*1 tek katmanlı ağ yapısına sahip 4*8*1 modelinde en yüksek R² (0.868) en düşük RMSE (0.713) ve MAE (0.661) değeri elde edilmiş ve en iyi buharlaşma tahmininin yapıldığı model olarak belirlenmiştir. Günlük buharlaşmanın YSA' ya göre en iyi tahmin edilen 4*8*1 model performans sonuçları Şekil 3' verilen grafik ile sunulmuştur. SCG eğitim algoritmasında tek katmanlı 8*1 ağ yapısında ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı, global güneşlenme ve yağış girdilerinin kullanıldığı YSA3 (5*8*1) modelinde yüksek doğrulukta (R² 0.85) günlük buharlaşma tahmini yapılmıştır.

ANFİS' de YSA' da olduğu gibi 3, 4 ve 5 girdi kullanılmış ve trimp, tramp, gaussmf ve gaussmf2

**Şekil 3.** YSA ile tahmin edilen 4*8*1 modelinin performans grafiği
Figure 3. Performans chart of 4*8*1 model estimated by ANN

Çizelge 3. Yapay sinir ağları model performanslarının karşılaştırılması
Table 3. Comparison of artificial neural network model performance

Eğitim Algoritması	Ağ Yapısı	Model	R ²			RMSE			MAE			Model Ağ Yapısı
			200	400	600	200	400	600	200	400	600	
LM	6*1	YSA1	0.753	0.815	0.788	0.990	0.790	0.910	0.783	0.621	0.705	3*6*1
		YSA2	0.822	0.805	0.852	0.853	0.863	0.771	0.734	0.652	0.618	4*6*1
		YSA3	0.832	0.851	0.849	0.795	0.760	0.827	0.633	0.584	0.683	5*6*1
	8*1	YSA1	0.803	0.774	0.759	0.79	0.970	1.870	0.632	0.724	1.510	3*8*1
		YSA2	0.852	0.840	0.868	0.826	0.834	0.713	0.561	0.666	0.661	4*8*1
		YSA3	0.831	0.863	0.851	0.813	0.722	0.736	0.600	0.577	0.562	5*8*1
	10*1	YSA1	0.692	0.752	0.803	1.000	0.910	0.880	0.749	0.707	0.700	3*10*1
		YSA2	0.795	0.812	0.803	1.040	0.845	1.010	0.663	0.800	0.840	4*10*1
		YSA3	0.865	0.824	0.852	0.792	0.907	0.822	0.642	0.718	0.647	5*10*1
	6*10*1	YSA1	0.655	0.651	0.660	1.120	1.080	1.060	0.858	0.844	0.847	3*6*10*1
		YSA2	0.725	0.747	0.826	1.015	1.055	0.996	0.776	0.799	0.804	4*6*10*1
		YSA3	0.786	0.761	0.796	0.971	0.976	0.857	0.678	0.749	0.731	5*6*10*1
	8*10*1	YSA1	0.648	0.623	0.667	1.280	1.310	1.180	1.010	0.908	1.074	3*8*10*1
		YSA2	0.748	0.629	0.762	1.028	1.108	0.947	0.732	0.862	0.728	4*8*10*1
		YSA3	0.798	0.805	0.772	1.000	0.847	0.851	0.830	0.681	0.640	5*8*10*1
	10*10*1	YSA1	0.787	0.759	0.560	0.970	1.190	1.390	0.745	0.915	1.069	3*10*10*1
		YSA2	0.717	0.798	0.722	1.018	1.144	1.066	0.832	0.973	0.807	4*10*10*1
		YSA3	0.763	0.737	0.754	1.135	1.082	1.018	0.868	0.819	0.773	5*10*10*1
SCG	6*1	YSA1	0.746	0.791	0.788	1.100	0.990	1.020	0.744	0.785	0.857	3*6*1
		YSA2	0.773	0.779	0.766	1.384	1.094	1.095	1.048	0.801	0.803	4*6*1
		YSA3	0.712	0.722	0.688	1.446	1.230	1.937	1.501	1.107	0.865	5*6*1
	8*1	YSA1	0.755	0.783	0.761	1.410	0.930	0.990	1.157	0.715	0.730	3*8*1
		YSA2	0.765	0.796	0.771	1.295	1.175	1.219	0.944	0.874	0.900	4*8*1
		YSA3	0.687	0.766	0.858	1.361	1.279	0.758	1.013	0.945	0.544	5*8*1
	10*1	YSA1	0.763	0.786	0.790	1.330	1.080	0.990	1.058	0.842	0.758	3*10*1
		YSA2	0.766	0.798	0.771	1.160	1.203	1.205	0.835	0.889	0.916	4*10*1
		YSA3	0.827	0.782	0.832	1.445	1.298	1.123	1.105	0.845	0.989	5*10*1
	6*10*1	YSA1	0.743	0.773	0.781	1.500	1.030	0.940	1.243	0.781	0.721	3*6*10*1
		YSA2	0.571	0.701	0.798	1.344	1.204	1.060	0.921	0.782	1.030	4*6*10*1
		YSA3	0.709	0.773	0.775	1.430	1.587	1.372	1.056	1.220	1.067	5*6*10*1
	8*10*1	YSA1	0.737	0.709	0.736	1.000	1.260	1.040	0.781	0.956	0.807	3*8*10*1
		YSA2	0.657	0.769	0.751	1.574	1.109	1.594	1.186	1.770	1.273	4*8*10*1
		YSA3	0.761	0.806	0.763	1.588	1.410	1.491	1.287	1.096	1.132	5*8*10*1
	10*10*1	YSA1	0.760	0.824	0.802	1.350	0.940	0.920	1.092	0.753	0.747	3*10*10*1
		YSA2	0.810	0.737	0.769	0.970	1.200	1.052	0.720	0.754	0.897	4*10*10*1
		YSA3	0.750	0.761	0.735	1.857	1.368	1.443	1.444	1.035	1.100	5*10*10*1

gibi farklı üyelik fonksiyonlarında günlük buharlaşmanın tahmini yapılmıştır. Model performans sonuçları Çizelge 4’ de verilmiştir. 4 ve 5 girdi ile oluşturulan ANFİS₂ ve ANFİS₃ modellerinde ANFİS1 modeline göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı, global güneşlenme ve yağış girdilerinin kullanıldığı gausmf üyelik fonksiyonun da ANFİS₃ modelinde en iyi günlük buharlaşma tahmin edilmiştir. ANFİS₃ modelinde gerçek ve

tahmin edilen buharlaşma karşılaştırıldığında 0.994 R², 0.124 RMSE ve 0.072 MAE değerleri elde edilerek yüksek doğrulukta sonuç belirlenmiştir. En yüksek doğrulukta tahmin edilen ANFİS₃ model performans grafiği Şekil 4’ de verilmiştir.

Çalışmada YSA ve ANFİS için çıkan en iyi modeller değerlendirilerek Samsun ili ve Bafra ilçesi için günlük buharlaşma tahmini yapılmıştır. YSA’ da LM eğitim algoritmasında 4*8*1 ağ

yapısına sahip model. ANFİS de 5 girdiye gausmf üyelik fonksiyonuna sahip 3. model ile tahmin yapılmış ve model performansı Şekil 5 ve Şekil 6' da verilmiştir. Test ve eğitim verilerine göre YSA ve ANFİS de seçilen en iyi model performansları Çizelge 5' de verilmiştir. YSA. Samsun için 4*8*1 model sonucunda günlük buharlaşma

Çizelge 4. ANFİS de tahmin edilen günlük buharlaşma model performansları

Table 4. Performans of daily evaporation model estimated by ANFIS

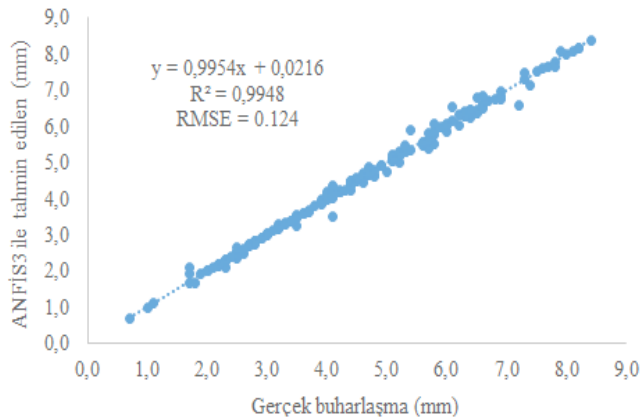
Girdiler	Üyelik Fonksiyonu	R ²	RMSE	MAE
ANFİS ₁	trimp	0.905	0.532	0.398
	tramp	0.895	0.543	0.420
	gausmf	0.905	0.516	0.396
	gausmf2	0.897	0.538	0.413
ANFİS ₂	trimp	0.946	0.400	0.287
	tramp	0.939	0.424	0.308
	gausmf	0.940	0.422	0.307
	gausmf2	0.956	0.360	0.203
ANFİS ₃	trimp	0.978	0.252	0.157
	tramp	0.965	0.321	0.227
	gausmf	0.994	0.124	0.072
	gausmf2	0.986	0.199	0.130

Çizelge 5. YSA ve ANFİS için en iyi model sonuçları

Table 5. The best model results for ANN and ANFIS

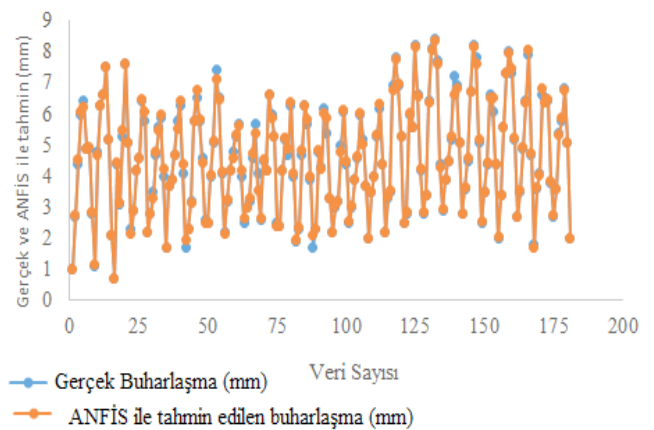
	Test Verisi		Eğitim Verisi			
	Amasya		Samsun		Bafra	
	YSA*	ANFİS*	YSA	ANFİS	YSA	ANFİS
R ²	0.868	0.994	0.761	0.95	0.833	0.976
RMSE	0.713	0.124	0.684	0.282	1.228	0.229
MAE	0.661	0.072	0.491	0.140	1.060	0.133

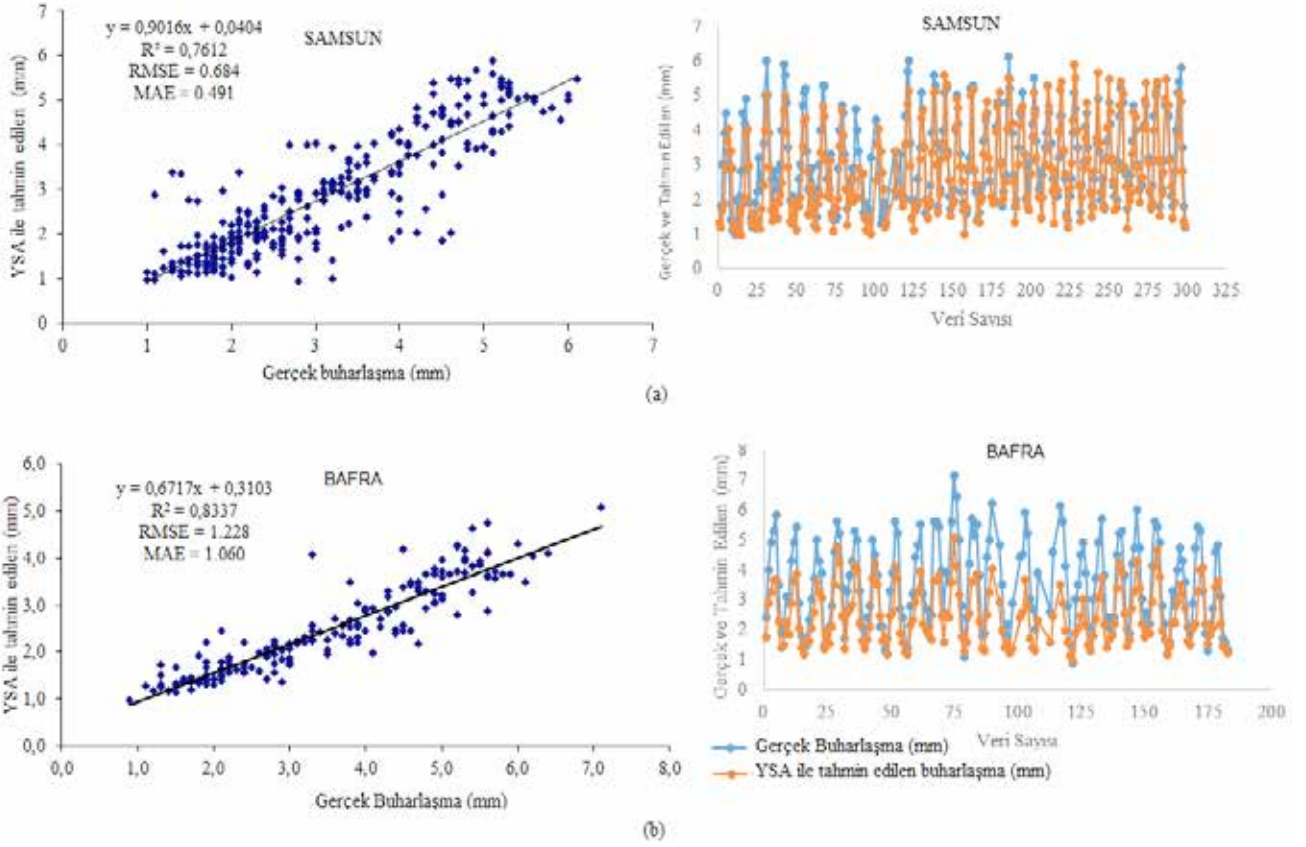
* 4*8*1 ağı yapısında YSA modeli. ANFİS3 gausmf model en iyi model belirlenmiştir.



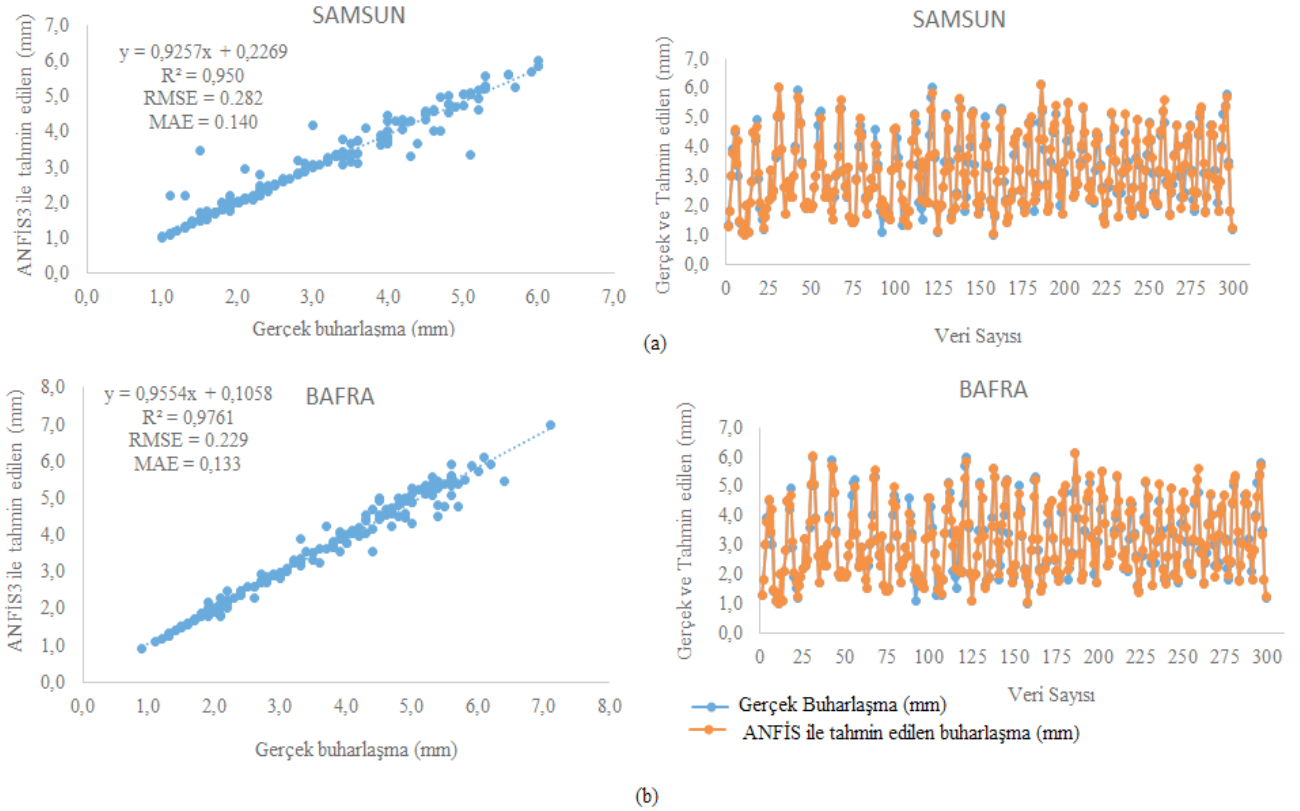
Şekil 4. ANFİS3 ile tahmin edilen gausmf üyelik fonksiyonuna sahip modeli performans grafiği
Figure 4. Performans chart of model with gausmf membership function estimated by ANFIS3

yüksek doğrulukta (R² 0.73. RMSE 0.684. MAE 0.491) tahmin edilmiştir (Şekil 5-a). Bafra için model performansı' nda R² 0.833. RMSE 1.22 ve MAE 1.06 olarak hesaplanmış (Şekil 5-b) ve yüksek doğrulukta günlük buharlaşma tahmin edilmiştir. ANFİS₃ modeline göre Samsun ve Bafra günlük buharlaşma YSA modellerine göre daha yüksek doğrulukta tahmin edilmiştir. ANFİS₃' e göre Samsun için günlük buharlaşma tahmininin' de 0.950 R². 0.282 RMSE ve 0.142 MAE performans değerleri elde edilmiştir (Şekil 6-a). Bafra için günlük buharlaşma tahmininde belirtme katsayısı (R²) 0.976. RMSE 0.229 ve MAE değeri 0.133 olarak hesaplanmıştır (Şekil 6-b). Buharlaşma tahmininde YSA ve ANFİS modellerinin kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Afşar 2008. Chung vd., 2012, Kaarimi- Googhari vd., 2012, Boroomand-Nasab ve Joorabian 2011, Atiaa ve Abdal-Qadir (2011) tarafından yapılan çalışmalarda farklı algoritmalar kullanarak buharlaşmanın yüksek doğrulukta tahmin edildiğini belirlemişlerdir. Afşar 2008' de yaptığı te çalışmasında çok katmanlı yapay sinir ağı. radyal tabanlı yapay sinir ağı, genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağı ve ANFİS modellerinde farklı algoritmalar için pan buharlaşmasını tahmin etmiş ve farklı istasyonlarda Radyal tabanlı YSA' nın iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir. ANFİS modelinin de istasyonda yüksek doğrulukta tahmin yaptığı elde edilmiştir. Antonopoulos ve Antonopoulos, (2017) yaptıkları çalışmada günlük meteorolojik verileri kullanarak Priestley-Taylor, Makkink, Hargreaves ve kütle transferi ile hesapladıkları referans bitki su tüketimini YSA ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada elde edilen çıktılar yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar olduğu belirlenmiştir.





Şekil 5. YSA2 4*8*1 modeline göre Samsun (a) ve Bafra (b) günlük buharlaşma performans sonuçları
Figure 5. Performance results of Samsun (a) ve Bafra (b) daily evaporation according to YSA2 4*8*1 model



Şekil 6. ANFIS₃ gausmf üyelik fonksiyonuna göre Samsun (a) ve Bafra (b) günlük buharlaşma performans sonuçları
Figure 6. Performance results of Samsun (a) ve Bafra (b) daily evaporation according to gausmf membership function by ANFIS₃

SONUÇLAR

Günlük buharlaşmanın tahmin edilmesinde YSA ve ANFİS modellerinde farklı kombinasyonlarda girdi ve algoritmalar değerlendirilmiştir. YSA ve ANFİS de R^2 . RMSE ve MAE performans değerleri hesaplanarak en iyi model belirlenmiştir. Samsun ve Bafra günlük buharlaşma değerleri model tahmin etmede eğitim verisi olarak ve Amasya günlük buharlaşma verileri modeli test etmede kullanılmıştır. YSA' da ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve global güneşlenme verileri girdi olarak kullanılmış ve tek katmanlı (4*8*1) ağ yapısının' da LM eğitim algoritmasına sahip model için yüksek doğrulukta (R^2 0.86, RMSE 0.713) günlük buharlaşma tahmin edilmiştir. 4*8*1 ağ yapısında Samsun ve Bafra buharlaşma verileri tahmini yapılmış ve yüksek doğrulukta buharlaşma tahmin edilmiştir. ANFİS için ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı, global güneşlenme ve yağış girdileri kullanarak ANFİS₃ modelinde gausmf üyelik fonksiyonunda en doğru (R^2 0.99, RMSE 0.124) günlük buharlaşma tahmin edilmiştir. Bu çalışma ile günlük buharlaşmanın tahmininde YSA ve ANFİS modellerinin kullanılabilirliği belirlenmiştir. YSA ve ANFİS modellerini karşılaştırdığımızda ANFİS' in daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Günlük buharlaşmanın ortalama sıcaklık, nem, rüzgar hızı, global güneşlenme ve yağış girdilerinin kullanarak yüksek doğrulukta tahmin yapılması mümkün olmaktadır.

Günümüzde YSA ve ANFİS modelleri ile bazı meteorolojik verilerin ölçümlerinin yapılmaması, hatalı yapılması durumunda ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı gibi girdilerin kullanarak buharlaşmanın doğru tahmin yapılması ile mümkündür. Bu modeller masrafsız, daha kısa yoldan çözüme ulaşan, karmaşık verilerin çözümlenmesinde yol gösteren model olup sağlıklı ve başarılı sonuçların elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Çalışmada kullanılan yöntemler ile tarımsal faaliyetlerin doğru yapılması için su yönetimi, su kullanım stratejileri gibi çalışmalara katkı sağlayan önemli bulgular elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Antonopoulos VZ, Antonopoulos AV (2017). Daily reference evapotranspiration estimates by artificial neural networks technique and empirical equations using limited input climate variables. *Computers and Electronics in Agriculture*. 132: 86-96.

Afşar S (2008). Yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri kullanılarak tava buharlaşma tahmini yapılması. İnşaat Müh. ABD. Yüksek Lisans Tezi. Kayseri.

Atiaa AM, Abdul-Oadir AM (2012). Using Fuzzy Logic for Estimating Monthly Pan Evaporation From Meteorological Data in Emara/South of Iraq. *J. Baghdad for Sci.*, 9(1): 133-140.

Boroomand-Nasab B, Joorabian M (2012). Estimating Monthly Evaporation Using Artificial Neural Networks. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 5:88-91.

Cemek B, Yıldırım D, Atış A, Köksal ES, Temizel K (2010). Samsun ili aylık referans bitki su tüketiminin yapay sinir ağlarıyla belirlenmesi. I. Ulusal Su Kaynakları Kongresi. I / s. 44-52. 1-4 Haziran 2010, Eskişehir.

Cemek B, Ünlükara A, Karaman S, Yıldırım D, Atış A (2011). Marul yetiştirilen topraklarda toprak tuzluluğunun yapay sinir ağları ile belirlenmesi. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. II / s. 811-817. 22-25 Kasım, Ankara.

Chung CH, Chiang YM, Chang FJ (2012). A Spatial Neural Fuzzy Network for Estimating Pan Evaporation at Ungauged Sites. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16. 255-266.

Doğan E, Işık S (2005). Sapanca Gölü Günlük Buharlaşma Miktarının Radyal Temelli Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi. *Bilim Modern Yöntemler Sempozyumu*, s. 807-814. Kasım 16-18. Kocaeli.

Hebb D (1949). *The Organization of Behavior*. Wiley. NewYork.

Jang (1993). ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern*, 2: 665-685.

Jang JS, Sun CT, Mizutani E (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. Upper Saddle River. NJ: Prentice-Hall. 5-15.

Kişi O (2006). Daily pan evaporation modelling using a neuro-fuzzy computing technique. *J. Hydrol.*, 329: 636-646.

Karimi-Googhari S (2012). Daily pan evaporation estimation using a neuro-fuzzy-based model. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2: 223-228.

McCullogh WS, Pitts WA (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bull. Math. Biophysics*. Vol. 5: 115-133 p.

Sudheer PK, Gosain AK, Mohana RD, Saheb SM (2002). Modeling evaporation using an artificial neural network algorithm. *hydrological process*. 16:3189- 3202.

Terzi Ö, Keskin EM (2005). Yapay sinir ağları yaklaşımı kullanarak günlük tava buharlaşmanın tayini. *YMO Teknik Dergi*. 3683-3693.

Jeotermal Kaynakların Tarımsal Sulama Suyu Kirliliği ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Harun TORUNLAR^{1,*} Murat Güven TUĞAÇ¹ Dilek Kaya Özdoğan² Gamze Depel² Nevzat Dereköy²¹Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara,²Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): htorunlar@hotmail.com

Geliş tarihi (Received): 11.10.2017

Kabul tarihi (Accepted): 16.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654783

Öz

Bu çalışmada; Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan jeotermal kaynakların kullanımlarından sonra ortaya çıkan jeotermal atık suların, bölgede tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılan İlhan çayına deşarji sonrasında bu sulara yarattığı kirlenme ve kalitesinin değişmesi ile yetiştirilen tarımsal ürünler üzerinde oluşturduğu kirlenme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Jeotermal sular, dere suları, jeotermal deşarj suları, yeraltı suları ve içme sularından alınan su örneklerine ait analiz değerleri, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğinde belirtilen eşik değerler olmak üzere çeşitli uluslararası standartlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Buğday, domates, şekerpancarı, havuç ve yonca'dan oluşan bitki örneklerine ait analiz değerleri ise, Biyokonsantrasyon indeks değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Sulama sezonu öncesi ve sonrası olmak üzere iki dönem halinde alınan su örneklerinde ağır metal ve iz elementlerden Arsenik (As); 26.93-234.57 $\mu\text{g L}^{-1}$, Molibden (Mo); 17.3-67.4 $\mu\text{g L}^{-1}$, Bor (B); 2.58-8.74 mg l^{-1} olarak, su kalite parametrelerinden Ec; 3120-7970 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH; 8.6-9.3, klorür (Cl); 40.64-1140.47 mg l^{-1} , sülfat (SO_4); 675.34-5622.91 mg L^{-1} , ve toplam tuz konsantrasyonu 1210.24-5676,8 mg l^{-1} olarak bulunmuştur. Bitkilerin farklı aksamlarından alınan örnekler için, makro-mikro besin elementleri ile ağır metal ve iz elementler açısından kirlenme potansiyelini ortaya koyan Biyokonsantrasyon indeks değerleri hesaplanmıştır. Değerlendirilmeler neticesinde çalışma alanındaki sulama sularının V. Sınıf (zararlı) su kalitesinde olduğu ve sulama suyu kullanılabilirlik oranı olarak % 33.3'lük bir orana sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler : Bitki, jeotermal kaynaklar, kirlilik, sulama suları

Assessing Impact of Geothermal Resources on Quality and Pollution of Agricultural Irrigation Waters

Abstract

Wastewaters derived from the use of geothermals occurring in Ayaş county (Ankara) where these are later discharged to İlhan stream, which is used for irrigation. Pollution potential of the geothermal wastewaters on local agricultural products and pollution with impact on the water quality of the stream after the discharge was the main subject of this project.

Analyses carried out on the water samples representing geothermal waters, streamwaters, geothermal discharge waters, ground waters and drinking waters were assessed according to the threshold values stated by Technical Principles Statement of Water Pollution Control Regulation and to various international standards. Analyses data of wheat, tomatoes, sugar beet, carrot, and clover samples were evaluated with respect to the bioconcentration index values.

In the water samples collected in two phases, before and after the irrigation season, heavy metal and trace elements including arsenic (As); 26.93-234.57 $\mu\text{g L}^{-1}$, molibdenum (Mo); 17.3-67.4 $\mu\text{g L}^{-1}$, boron (B); 2.58-8.74 mg l^{-1} were measured along with water quality parameters including Ec; 3120-7970 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH; 8.6-9.3, chloride (Cl); 40.64-1140.47 mg l^{-1} , sulfate (SO₄); 675.34-5622.91 mg L^{-1} and total salt concentration 1210.24-5676,8 mg l^{-1} . For the samples taken from various parts of the plants, bioconcentration index values revealing pollution potential with respect to the macro-micro nutrition elements with heavy metal and trace elements were calculated. As a result of evaluations of the subject area waters, these are classified as V. Class (unsafe) water quality and it is concluded that their usability rate as irrigation water is 33.3%.

Keywords: Plant, geothermal resources, pollution, irrigation waters

GİRİŞ

Günümüzde ülkelerin gelişmesi ve sürdürülebilir kalkınması üzerinde doğal kaynakların bilinçli ve kontrollü bir şekilde kullanılmasının etkisi büyüktür. Doğal kaynaklar hızla tükenirken, üretim ve tüketimden kaynaklı atıkların yeterli önlemler alınmadan doğaya bırakılması genel çerçevede çevre kirliliğinin oluşmasına ortam sağlamaktadır. Fosilyakıtlara göre çevreye zararlı etkilerinin az olması alternatif enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynakların önemini ve değerini arttırmaktadır. Fakat bu kaynakların kullanımı ve kullanımı sonrası çevreye bırakılması aşamasında bazı problemlerin yaşandığı görülmektedir. Jeotermal sular kullanıldıktan sonra bir bölümü yeniden yer altına enjekte edilmekte (reenjeksiyon), ancak önemli bir kısmı da doğal su yolları ile sulama, içme vb. amaçla kullanılan sulara karışmaktadır. Bu yüzden jeotermal sular, bu suların kalitesinin bozulmasına hatta kullanılamaz hale gelmesine sebep olabilmektedir (Eroğlu, 2008). Kullanıldıktan sonra doğada nehir veya başka yüzey sularına bırakılan atık jeotermal sular bünyelerindeki element çeşitliliğinden dolayı içme ve sulama suları, tarım yapılan topraklar, bitki, insan ve hayvan sağlığı açısından büyük risk oluşturmaktadır. Özellikle tarımsal sulamada kullanılamayacak bol miktarda element içeriğine sahip bu termal suların tarım alanlarına zarar vermesinin önlenmesi için bu suların kullanıldıktan sonra ortamdaki uzaklaştırılması gerekir (Eşder, 1981). Alternatif enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynakların bilinçsizce kullanımları ile birlikte çevre bilincinin gelişmesiyle toprak, su ve bitkilerde yarattığı ağır metal ve iz element

kirliliği üzerinde yoğun araştırmalar yapılmış ve bu parametrelerin çevre üzerindeki etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Birkle ve Merkel (2000), yapmış oldukları çalışmalarında, 1994 Kasım ile 1996 Mayıs dönemleri arasında, Meksika'da Los Azufres jeotermal sahasının içindeki ve etrafındaki yüzey sularının ve sığ akiferlerin kirlendiğini tespit etmişlerdir. Jeotermal saha içinde olduğu gibi 10 km'ye varan mesafelerde de iz element derişimlerinde, özellikle Fe, Mn, F, B ve As'te sürekli yüksek artışlar gözlemlenmişlerdir. B ve As için sırasıyla 125 ve 8 mg L^{-1} maksimum değerleri tespit etmişlerdir. Hipersalin jeotermal tuzlu suların boşalımının civarındaki toprakların tuzlanmasına, nehir suyunun civar bölgelerde içme ve sulama amaçlı kullanımı, toksit elementlerin insan besin zincirinde birikime neden olduğunu ve halkın sağlığını tehlikeye attığını tespit etmişlerdir.

Camgöz vd. (2010), İzmir, Seferihisar bölgesinde termal suların gözlemlendiği dört istasyonda aylık periyotlarda su örneklerinden radon aktivite konsantrasyonlarını ve kimyasal içeriklerini istatistiksel olarak incelemişlerdir. Ölçüm yapılan istasyonlarda canlılar için riskli düzeyde değişebilen radon aktivite konsantrasyonları tespit edilmiş, sulama suyu bakımından çalışma alanındaki bütün jeotermal suların C₄S₄ sınıfında çok yüksek tuzlu ve sodyumlu sular sınıfında yer aldığını ve bu suların hiç bir şekilde içme ve tarımsal amaçlı sulamada kullanılamayacağını tespit etmişlerdir.

Tarım arazileri üzerinde çeşitli kirlenme unsurlarına bağlı olarak oluşan risklere dikkat çekmek ve risklerden bu alanları korumak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma; Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan jeotermal kaynakların kullanımlarından sonra ortaya çıkan jeotermal atık suların bölgede tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılan İlhan çayına deşarjı sonrasında, bu sulara yarattığı kirlenme ve kalitesinin değişmesi ile yetiştirilen tarımsal ürünler üzerinde oluşturduğu kirlenme potansiyelinin belirlenmesini amaçlamıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı

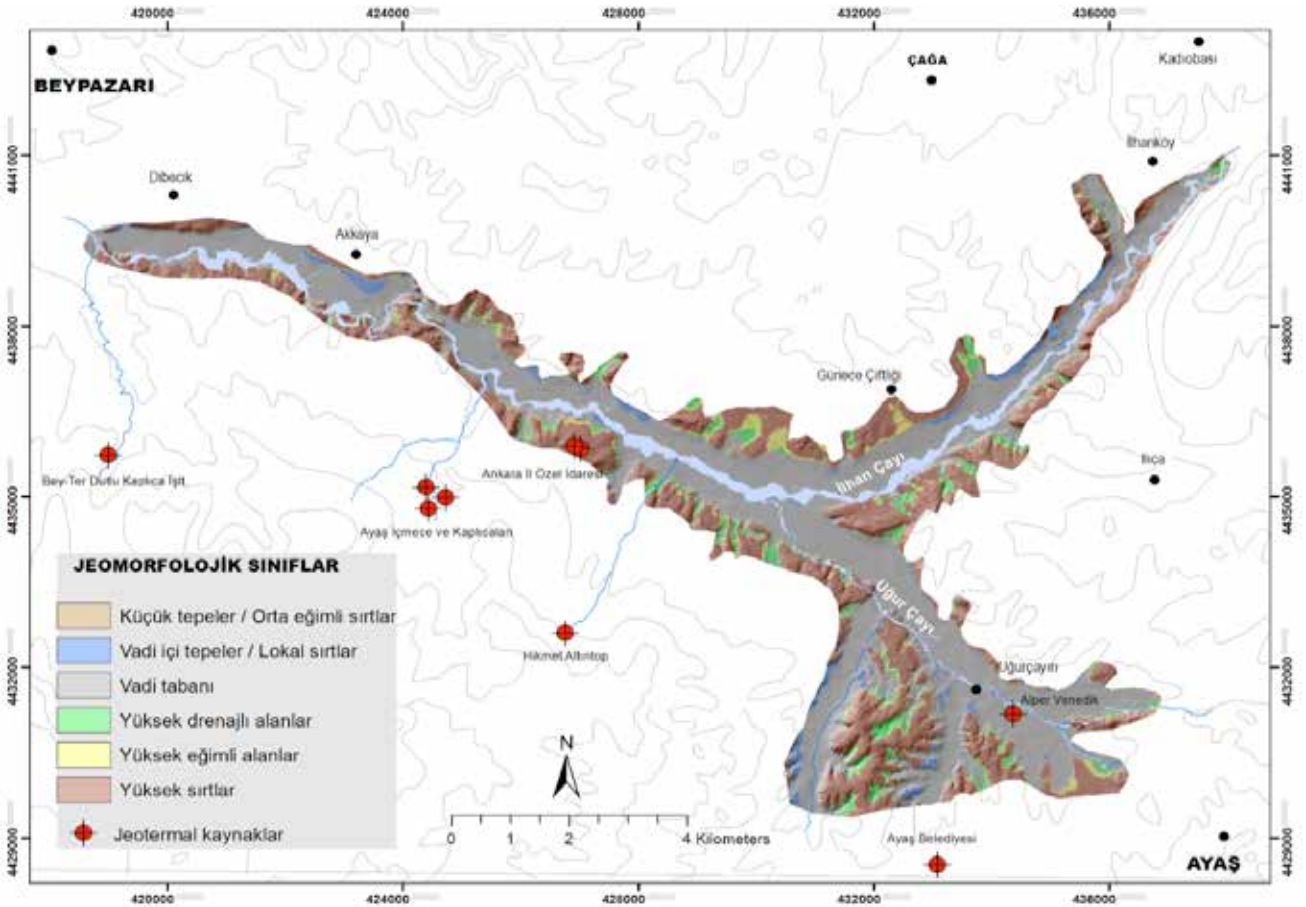
Çalışma alanı; Ankara iline ait Ayaş ilçesinin Akkaya, İlhan köy ve Uğurçayırı köyleri arasında bulunan İlhan ve Uğur çayları tarafından sulanan yaklaşık 4645 hektar (ha) alana sahip sulu tarım arazilerinden oluşmaktadır. Alan 529-780 metre (m) yükseklikleri arasında kod farkına sahip olup, hakim olan jeomorfolojik birimler vadi tabanı, vadi

içi lokal sırtlar, yüksek eğimli ve drenajlı alanlar ile yüksek sırtlardan oluşmaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanında; sıcaklıkları 43,51 ve 51,5 C° arasında olan üç adet Çobanhamamı mevkinde bulunan Ayaş içmece ve kaplıcaları, 58 ve 58,5 C° lerde iki adet il özel idaresine ait jeotermal kaynak, 26,65, 31 ve 34 C° lerde üç adet Ayaş belediyesi ve özel sektöre ait jeotermal kaynak bulunmaktadır.

İklim verileri

Bir bölgenin iklim koşulları tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesinde sulamaya duyulan gereksinimi etkilemektedir. Alanının büyük çoğunluğunun sulu tarım olarak kullanıldığı çalışma alanından uygun dönemlerde su örnekleri alınabilmesi için proje alanının sulama durumunu yansıtan yağış- potansiyel buharlaşma değişimi verisinin elde edilmesinde iklim verileri materyal olarak kullanılmıştır. Bunun için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area

edilen Ayaş ve çevre istasyonlarından 1975-2012 yılları arasında ölçülen yağış, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve nispi nem parametrelerinden oluşan uzun yıllar aylık iklim verilerinden faydalanılmıştır.

Su ve bitki örnekleri

Çalışma alanı içerisinde araziden toplanan su ve bitki örnekleri ile bu örneklerle ait analiz değerleri, çalışmada kullanılan en önemli materyallerden birini oluşturmuştur. Sulardaki mevsimsel değişimlerin etkisinin araştırılması için çalışma bölgesinin tarımsal sulama sezonları dikkate alınmış ve buna göre su örnekleri 2014 yılı sulama sezonu sonrası ile 2015 yılı sulama sezonu öncesi ve sulama sezonu sonrası olmak üzere üç dönem halinde alınmıştır. Alınan su örnekleri için laboratuvarda yapılan analiz türleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Bitki örneklemeleri için, çalışma alanının ürün desenini temsilen yöre için ekonomik öneme sahip, en çok yetiştirilen ve tüketilen beş temel ürün (buğday, domates, havuç, şeker pancarı ve yonca) seçilmiştir. Bitkilerin farklı aksamlarından alınan örnekler için yapılan analiz türleri Çizelge 2’de verilmiştir.

YÖNTEM

Su örneklerinin alınması

Su örneklerinin alınma zamanını belirleyebilmek için sulardaki mevsimsel değişimlerin etkisi göz önüne alınarak, öncelikle çalışma alanının tarımsal sulama sezonu belirlenmiştir. Bu sezonu belirlerken çalışma alanının su bilançosu, iklim verileri kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 3). 1975-2012 yıllarını kapsayan uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık, yağış ve potansiyel buharlaşma verileri üretilmiş, potansiyel buharlaşma verisinin üretilmesinde FAO Penman – Monteith metodu kullanılmıştır (Allen vd., 1998).

Çizelge 1. Su örnekleri ve laboratuvar analiz türleri

Table 1. Water samples and types of laboratory analysis

Su örneklemeleri	Laboratuvar analizleri
Dere suları	▪ Sıcaklık, EC (dS m ⁻¹), pH, NO ₃ (mg l ⁻¹), NH ₄ (mg l ⁻¹)
Jeotermal sular	▪ Sodyum Absorpsiyon Oranı
Atık (deşarj) suları	▪ Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)
Yeraltı suları	▪ Çözünabilir iyonlar (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , K ⁺ , CO ₃ ⁻² , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ⁻²)
İçme suları	▪ B ve P
	▪ Ağır metaller (Ni, Cr, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Co, As)

Çizelge 2. Bitki örnekleri ve laboratuvar analiz türleri

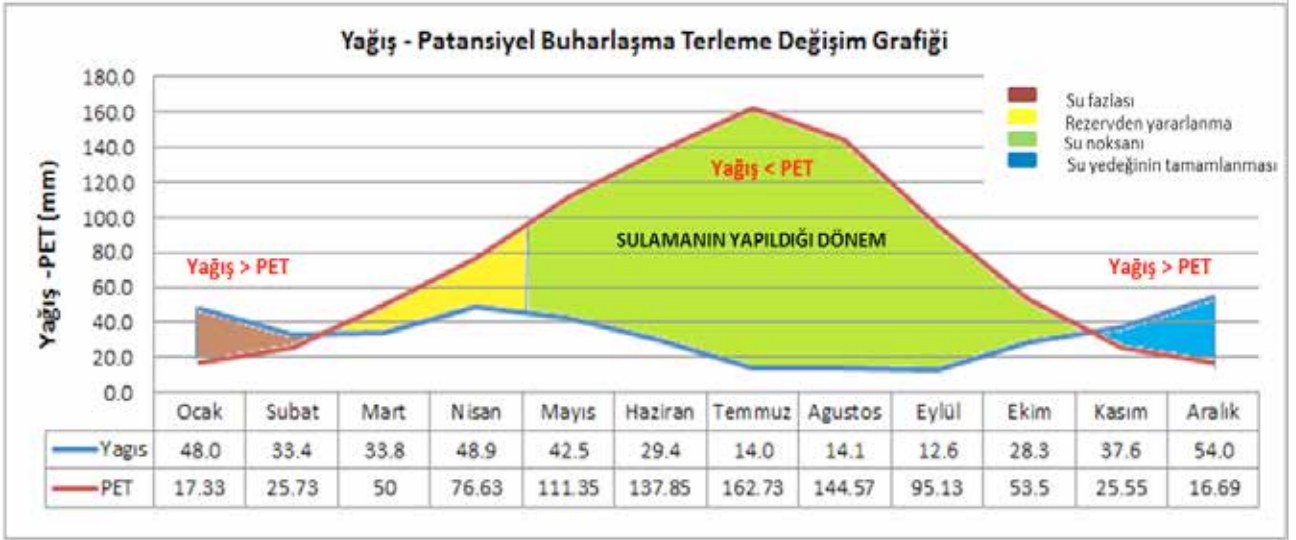
Table 2. Plant samples and types of laboratory analysis

Bitki türleri	Bitki aksamaları	Laboratuvar analizleri
Buğday	Yaprak-Kök	Mg, Ca, K, Na, B, P, Fe, Zn, Mn, Cu, S, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, As, N, Mo
Domates	Yaprak	
Şeker pancarı	Yaprak-Kök	
Havuç	Yaprak-Kök	
Yonca	Yaprak-Gövde	

Çizelge 3. Çalışma alanına ait su bilançosu

Table 3. Water budget for study area

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ort. Sic.	1.1	2.8	7.0	12.4	17.4	21.5	24.8	24.4	20.0	14.0	7.5	3.0	13.0
Yağış (mm)	48.0	33.4	33.8	48.9	42.5	29.4	14.0	14.1	12.6	28.3	37.6	54.0	396.6
PET (Potansiyel Buharlaşma)	17.33	25.73	50	76.63	111.35	137.85	162.73	144.57	95.13	53.5	25.55	16.69	917.06
Su Fazlası (mm)	30.67	7.67	0	0	0	0	0	0	0	0	12.05	37.31	87.7
Bitkiler için faydalı su yedeği	100	100	83.8	56.07	0	0	0	0	0	0	12.05	49.36	



Şekil 2. Çalışma alanının yağış-potansiyel buharlaşma terleme değişim grafiği

Figure 2. Precipitation - potential evaporation sweating change graph of the study area

Aylık bazda Yağış-Potansiyel buharlaşma farklarının hesaplanmasından elde edilen bitkiler için faydalı su yedeği değerlerinin sıfır (0) çıktığı aylar sulama ihtiyacının görüldüğü dönemleri yansıtmaktadır. Buna göre bölgenin tarımsal sulama dönemi Mayıs ayı başı ile Ekim ayı sonu olarak belirlenmiştir. Aynı veriler kullanılarak, üretilmiş yağış-potansiyel buharlaşma terleme değişim grafiği göz önüne alınarak su örnekleme tarihleri belirlenmiştir (Şekil 2).

2014 yılı sulama sezonu sonrası ile 2015 yılı sulama sezonu öncesi ve sonrası dönemlerini kapsayan 10 Ekim 2014, 29 Nisan ve 20 Ekim 2015 tarihlerinde 1.5 litrelik plastik şişelere konularak su örnekleri alınmıştır. Toplamda 51 adet su örneği alınmış olup (Şekil 3), su

örneklerinin alınmasında, bir önceki dönemde alınan noktalardan alınmasına özen gösterilmiştir.

Bitki örneklerinin alınması

Bitkilere ait örnekleme yapılırken, bitki gelişim dönemleri göz önüne alınmış ve her bitki için farklı tarih, bitki aksamı ve numune sayısına göre 5 kg'lık kağıt torbalara konulacak şekilde örnekler alınmıştır (Çizelge 4).

Çalışma alanı içerisinde buğdaydan 11 adet yaprak 11 adet kök, domatesten 16 adet yaprak, havuçtan 7 adet yaprak 7 adet kök, şeker pancarından 5 adet yaprak 5 adet kök, yoncadan 8 adet yaprak 8 adet gövde olmak üzere 47 noktadan toplam 78 adet bitki örnekleme yapılmıştır (Şekil 3).

Çizelge 4. Bitki örneklerinin alındığı dönem, kısım ve miktarları

Table 4. Period, parts and quantities of collected plant samples

Tarih	Bitki Türü	Bitki Aksamı	Gelişme Dönemi	Numune Alınan Kısım	Adet
15.05.2015	Buğday	Yaprak Kök	Başaklanma öncesi	Tepeye en yakın olgunlaşmış 4 yaprak	40-50
25.06.2015	Domates	Yaprak	Çiçeklenme öncesi veya sırasında	Büyüme ucundan itibaren 3. veya 4. yaprak	20-25
13.07.2015	Şeker Pancarı	Yaprak Kök	Mevsim ortası	Merkezdeki en genç yaprak ile dıştaki en yaşlı yaprak arasında kalan gelişimini tamamlamış genç yapraklar	30-40
05.10.2015	Havuç	Yaprak Kök	Kök ve baş irileşmeden önce	Olgunlaşmış en genç yaprak ve sapı	20-30
20.10.2015	Yonca	Yaprak Gövde	Çiçeklenme öncesi veya sırasında	Bitki boyunun tepeden itibaren 1/3 olgunlaşmış yaprak ayası	40-50

Kaynak: Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

Bitki analizlerinin değerlendirilmesi

Bitkiler gelişip fizyolojik dönemlerini tamamlamada, gereksinim duydukları çeşitli elementleri kolayca topraktan ve sudan kökleri vasıtasıyla almaktadırlar (Okçu vd., 2009). Bitkide bulunan bu elementlerin dışardan alındığı görüşü oldukça yaygındır (Brohi vd., 1994). Bundan dolayı bitki örneklerinde yapılan analizlerden elde

edilen sonuçlara göre, doğada bulunan bütün elementleri bitki dokularında bulmak mümkündür. Bitkiler kendilerine yarayışlı besin elementlerinin yanında, ağır metal ve iz elementlerini bünyelerine farklı yollarla alabilmektedirler. Bu yollardan en önemlisi köklerde katyon değişimi yoluyla alınmasıdır (Brooks, 1983). Aynı zamanda bitkilerin bu elementleri bünyelerine alabilme yeteneği

Çizelge 5. Jeotermal ve deşarj sularının tarımsal sulama suyu kalite sınıfları

Table 5. Agricultural irrigation water quality classes of geothermal and discharge waters

Kalite kriterleri	2014 SULAMA SEZONU SONRASI		2015 SULAMA SEZONU ÖNCESİ		2015 SULAMA SEZONU SONRASI	
	Jeotermal / Deşarj suları		Jeotermal / Deşarj suları		Jeotermal / Deşarj suları	
	Değerler	Sulama suyu sınıfı	Değerler	Sulama suyu sınıfı	Değerler	Sulama suyu sınıfı
pH	6.41-7.04	III. Sınıf su (kullanılabilir)	>9	V. sınıf (zararlı)	>9	V. sınıf (zararlı)
Sıcaklık	43-58.5	V. sınıf (zararlı)	43-58.5	V. sınıf (zararlı)	43-58.5	V. sınıf (zararlı)
EC ₂₅ ×10 ⁶	7790-12980	V. sınıf (zararlı)	11290-11980	V. sınıf (zararlı)	10040-12820	V. sınıf (zararlı)
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) (% Na)	22.14-29.46	II. sınıf (iyi)	24.38-27.73	II. sınıf (iyi)	22.85-28.32	II. sınıf (iyi)
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	20.13-29.17	V. sınıf (zararlı)	22.7-26.9	V. sınıf (zararlı)	20.94-27.64	V. sınıf (zararlı)
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) meq l ⁻¹	(-12.90)-(-8.37)	I. sınıf (iyi)	(-8.79)-(-13.56)	I. sınıf (iyi)	(-14.87)-(-11.77)	I. sınıf (iyi)
Klorür (Cl ⁻), meq l ⁻¹ mg l ⁻¹	1272.19-2310.31	V. sınıf (zararlı)	1776.49-2129.9	V. sınıf (zararlı)	1670.92-2359.15	V. sınıf (zararlı)
Sülfat (SO ⁴⁻), meq l ⁻¹ mg l ⁻¹	1919.64-2837.16	V. sınıf (zararlı)	2522.28-2676.91	V. sınıf (zararlı)	2244.62-2812.50	V. sınıf (zararlı)
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	4985.6-8307.2	V. sınıf (zararlı)	7225,6-7667,2	V. sınıf (zararlı)	6425.6-8204.8	V. sınıf (zararlı)
Duyarlı Bitkiler						
Bor konst. (mg/l)	Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler 8.19-15.84	V. sınıf (zararlı)	5.55-9.60	V. sınıf (zararlı)	12.15-16.40	V. sınıf (zararlı)
Dayanıklı Bitkiler						
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg l ⁻¹	0.16-19.91	III. sınıf (kullanılabilir)	0.01-7.51	II. sınıf	0.85-14.81	III. sınıf (kullanılabilir)
Tuzluluk Alkalilik sınıfı	T4 – A4	Çok yüksek tuzlu ve sodyumlu	T4-A4	Çok yüksek tuzlu ve sodyumlu	T4-A4	Çok yüksek tuzlu ve sodyumlu

mevsime, iklime, toprak koşullarına ve bitki türlerine bağlı olarak oldukça değişkendir. Her bitkinin element içeriği ve elementlere karşı toleransı farklıdır (Dudka vd., 1995). Bundan dolayı, bu çalışmada seçilen her bir bitki türü üzerinde olası ağır metal ve iz element birikimlerinin olup olmadığını ortaya koyabilmek için, bitki besin elementleri ile ağır metal ve iz elementlerin bitkilerdeki fazlası, zararlı (toksik) olabilecek seviyelerinin bilinmesi gerekmiştir. Bunun için analizi yapılan her bir elementin ilgili bitki için toksitlik sınır değerleri, yapılmış çalışmalardan elde edilen literatür bilgilerinin derlenmesiyle belirlenmiştir. Bitkiler üzerinde görülen kirlenme potansiyelinin belirlenmesinde biyokonsantrasyon faktörü (BKF) değerlerinden yararlanılmıştır. Biyokonsantrasyon faktörü, bitkinin etrafındaki yüzey ve yeraltı sularından veya topraktan elementleri bünyesine alma derecesini gösteren bir faktördür (Nguyen vd., 2005). Bitki bünyesindeki elementin birikim kapasitesini belirlemek için kullanılan biyokonsantrasyon faktörü;

formülü kullanılarak hesaplanmıştır. $BKF = \frac{S_B}{S_E}$

S_B : bitki bünyesinde analizle ölçülen element konsantrasyon değeri,

S_E ise ilgili elementin o bitki bünyesinde bulunması gereken maksimum eşik değerini göstermektedir.

Seçilen her bir bitki türü için Eşitlik 1 kullanılarak bitki bünyesinde ölçülen element konsantrasyonu değerleri normalize edilmiş ve biyokonsantrasyon faktör grafiklerinin oluşturulması için birleştirilmiş biyokonsantrasyon faktörü indeks değerleri (BBKF) hesaplanmıştır. Bunu hesaplarken;

formülü kullanılmıştır. $BBKF = \frac{\frac{S_B}{S_E}}{\frac{S_B}{S_{Ort}}}$

S_{Ort} : bitkide ilgili elementin n sayıda ölçülen değerlerin ortalamasını göstermektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Su analizlerinin değerlendirilmesinden elde edilen bulgular

Su örneklerine ait analiz sonuçlarının değerlendirmeleri yapılırken her su grubu kendi içinde değerlendirilmiş, özellikle sulama suyu olarak kullanılan dere suları ise jeotermal

kaynakların çalışma alanı içerisindeki genel konumlarına bağlı olarak, jeotermallerin etkisi altında ve etkisi altında bulunmayan sular olarak iki grup şeklinde değerlendirilmiştir. Buna göre; Jeotermal ve deşarj sular ile dere sularının tarımsal sulama suyu kalite sınıfları Çizelge 5 ve Çizelge 6 olarak verilmiştir.

Sulara ait kalite parametrelerinin analiz değerleri çizelgelerde maksimum ve minimum veri aralığı olarak verilmiştir. Bu suların tarımsal sulama suyu amacıyla kullanılabilirlik oranları tespit edilmiş olup dönem ve gruplandırılmış sular bazında Çizelge 7'de yüzde değer olarak belirtilmiştir.

Çalışma alanındaki jeotermal kaynaklar, deşarj suları ve dere suları, bünyelerinde izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksit element konsantrasyonları göz önüne alınarak değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 8'de belirtilmiştir. Çizelge de sadece eşik değerin üzerindeki elementler verilmiştir.

Halk arasında tedavi amaçlı içilerek kullanılan jeotermal kaynak suları ile yine evlerden alınan içme suları; TS266, ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'a ait eşik değerler kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde WHO'nun 1993 yılında ve USEPA'nın ocak 2001 yılında yayınladıkları bildirimler ile içme sularında bulunabilecek en yüksek arsenik (As) miktarı 0,05 mg L⁻¹'den 0,01 mg L⁻¹ değerine indirilmesi gözönüne alınmış ve Çizelge 9 elde edilmiştir.

Bitki analizlerinin değerlendirilmesinden elde edilen bulgular

Bitki analizlerine ait verilerin değerlendirilmesinden elde edilen bulgular grafik şeklinde verilmiştir. Söz konusu bitkiler için kirlenme potansiyellerinin belirlenmesinde kullanılan biyokonsantrasyon indeks değerlerinin elde edilmesi için, her bir bitki için element bazında toksitlik sınır değerleri; yapılmış çalışmalardan elde edilen bilgilerinin derlenmesiyle belirlenmiştir (Çizelge 10). Toksiklik sınır değerleri kullanılarak elde edilen biyokonsantrasyon indeks değerleri, birleştirilmiş biyokonsantrasyon indeks değerlerine dönüştürülerek her bitki için bitkinin ilgili aksamalarında element bazında birikim düzeyleri grafiklendirilmiştir (Şekil 4). Grafiklere göre indeks değeri 1 (Bir) 'in üzerinde olan her bir elementin o bitki türü için kirlenme boyutunda olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 6. Dere sularının tarımsal sulama suyu kalite sınıfları
Table 6. Agricultural irrigation water quality classes of stream waters

Kalite kriterleri	2014 SULAMA SEZONU SONRASI		2015 SULAMA SEZONU ÖNCESİ		2015 YILI SULAMA SEZONU SONRASI	
	Dere suyu	Sulama suyu sınıfı	Dere suyu	Sulama suyu sınıfı	Dere suyu	Sulama suyu sınıfı
pH	7.37-8.25	III. Sınıf (kullanılabilir)	8.6-9.3	V. sınıf (zararlı)	8.6-9.3	V. sınıf (zararlı)
Sıcaklık	14.5-22.5	I. sınıf (çok iyi)	14.5-22.5	I. sınıf (çok iyi)	14.5-22.5	I. sınıf (çok iyi)
EC ₂₅ x10 ⁶	780-11330	V. sınıf (zararlı)	3120-7970	V. sınıf (zararlı)	2530-7570	V. sınıf (zararlı)
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) [% Na]	0.29-27.91	II. sınıf (iyi)	0.57-14.82	I. sınıf (çok iyi)	1.04-14.42	I. sınıf (çok iyi)
Sodyum Adsorpsiyon oranı (SAR)	1.05-27.11	V. sınıf (zararlı)	1.24-12.7	II. sınıf (iyi)	1.57-12.28	II. sınıf (iyi)
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) meq l ⁻¹	(-11.48)-0.14	I. sınıf (iyi)	(-105.8)-11.11	I. sınıf (çok iyi)	(-49.93)-(-7.63)	I. sınıf (çok iyi)
Klorür (Cl ⁻), meq l ⁻¹	24.46-1985.86	V. sınıf (zararlı)	40.64-1140.47	V. sınıf (zararlı)	83.13-910.34	V. sınıf (zararlı)
Sülfat (SO ₄ ⁼), meq l ⁻¹	58.23-2622.24	V. sınıf (zararlı)	675.34-5622.91	V. sınıf (zararlı)	518.49-2744.74	V. sınıf (zararlı)
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	499.2-7251.2	V. sınıf (zararlı)	1210.24-5676.8	V. sınıf (zararlı)	1619.2-4844.8	V. sınıf (zararlı)
Duyarlı Bitkiler						
Bor konst. Orta Derecede (mg/l)	0.25-14.66	V. sınıf (zararlı)	3.94-6.01	V. sınıf (zararlı)	2.58-8.74	V. sınıf (zararlı)
Dayanıklı Bitkiler						
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg l ⁻¹	1.46-48.31	IV. sınıf (ihtiyatla kullanılmali)	0.01-19.91	III. sınıf (kullanılabilir)	1.63-3.75	I. sınıf (çok iyi)
Tuzluluk Alkallilik sınıfı	T4-A1 ,A2,A4	Çok yüksek tuzlu ve orta, çok yüksek sodyumlu	T4-A2,A4	Çok yüksek tuzlu ve orta, çok yüksek sodyumlu	T4A4,A2,A1	Çok yüksek tuzlu orta ve çok yüksek sodyumlu
			T2-A1	Orta tuzlu ve az sodyumlu		T2-A1
						Orta tuzlu az sodyumlu
						IV. sınıf (ihtiyatla kullanılmali)
						II. sınıf (iyi)
						II. sınıf (iyi)
						IV. sınıf (ihtiyatla kullanılmali)
						IV. sınıf (ihtiyatla kullanılmali)

Çizelge 7. Çalışma alanındaki suların sulama suyu kullanılabilirlik oranları
Table 7. Irrigation water availability rates of the study area waters

2014 yılı sulama sezonu sonrası	
Sular	Sulama Suyu Kullanılabilirlik Oranı (%)
Jeotermal/Deşarj suları	33.3
Dere suyu	41.6
2015 yılı sulama sezonu öncesi	
Sular	Sulama Suyu Kullanılabilirlik Oranı (%)
Jeotermal/Deşarj suları	25
Dere suyu (jeotermal Suların Etkilediği)	41.6
Dere suyu (Jeotermal Suların Etkilemediği)	83.3
2015 yılı sulama sezonu sonrası	
Sular	Sulama Suyu Kullanılabilirlik Oranı (%)
Jeotermal/Deşarj suları	25
Dere suyu (jeotermal Suların Etkilediği)	33.3
Dere suyu (Jeotermal Suların Etkilemediği)	91.6

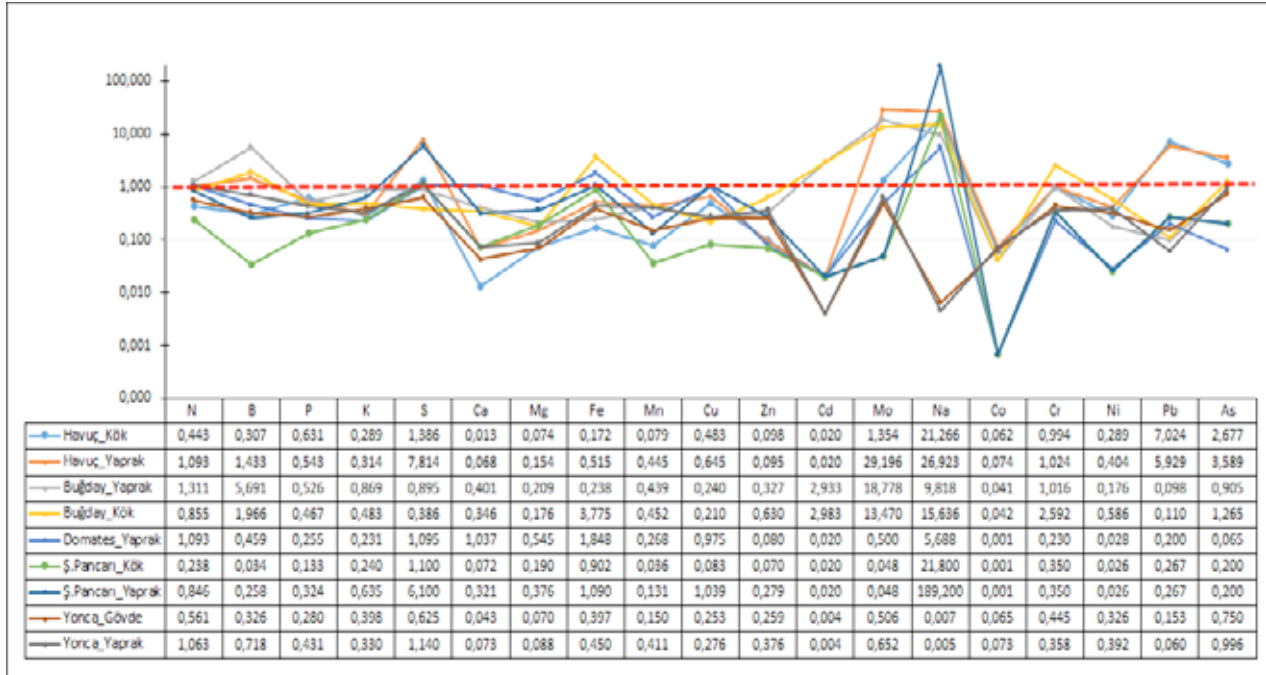
Çizelge 8. Çalışma alanındaki sularda izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksit element konsantrasyon değerleri
Table 8. Maximum heavy metal and toxic element concentration values allowed in the study area waters

2014			2015			
Nokta No	Mo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	B (ppb)	Nokta No	Mo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	As ($\mu\text{g L}^{-1}$)	B (ppb)
J1	52.9	13.47	Kaynak-1	29.22	234.57	0.55
J2	17.3	15.84	Dere-15	4.83	35.65	0.73
D _{s1}	31.0	15.23	Dere-6	4.97	28.16	0.8
D _{s2}	36.2	8.19	Dere-5	4.48	26.93	0.78
D _{s3}	29.6	14.46	Kaynak-2	9.17	31.06	0.83
Dere1	52.7	14.66	Dere-4	5.05	30.58	1.06
Dere2	52.9	1.78	T2-Dsj	7.88	82.00	16.4
Dere3	67.4	1.96	Dere-7	7.99	51.13	2.6
Dere4	39.2	0.25	Dere-8	8.86	47.26	2.77
Dere5	67.0	2.56	Dere-9	7.76	51.18	2.73
Dere6	51.9	2.61	Dere-10	8.41	54.78	2.93
			Dere-11	7.59	49.16	2.71
			Dere-12	7.43	51.70	2.68
			Dere-13	13.24	28.50	8.74
			T1-lcm	11.33	45.30	12.15
			T1-Dsj	14.51	43.35	0.00
			T2-Htt	4.42	52.70	12.15
			Dere-3	19.80	94.24	3.68
			Dere-2	16.89	65.26	2.58
			Dere-1	26.90	42.26	4.01

Çizelge 9. Çalışma alanındaki içme sularının arsenik ve bor konsantrasyon değerleri

Table 9. Arsenic and boron concentration values of drinking waters in study area

Örnekler	Bor (mg L ⁻¹)		Arsenik (µg L ⁻¹)	
	Ölçülen değer	İzin verilen mak. değer	Ölçülen değer	İzin verilen mak. değer
Je-1-lcm	12.15		43.35	
Dsj-1-lcm	16.40	2	43.35	
Kaynak-1	0.55		234.37	10 (0.01ppm)
Kaynak-2	0.83		31.06	



Şekil 4. Bitkilerin birleştirilmiş biyokonsantrasyon indeks değer ve grafikleri

Figure 4. Consolidated bioconcentration index values and graphs of plants

Çizelge 10. Bitkiler için toksisite sınırları değerleri
Table 10. Toxicity limit values for plants

BUĞDAY		YONCA		HAVUÇ		DOMATES		ŞEKER PANCARI	
ELEMENT SINIRI/FAZLA	LİTERATÜR	ELEMENT SINIRI/FAZLA	LİTERATÜR	ELEMENT SINIRI/FAZLA	LİTERATÜR	ELEMENT SINIRI/FAZLA	LİTERATÜR	ELEMENT SINIRI/FAZLA	LİTERATÜR
N (%)	>3	N (%)	>5.0	N (%)	>3.50	N (%)	>4.50	N (%)	>5.0
B (ppm)	>10	B (ppm)	>80	B (ppm)	>100	B (ppm)	>75	B (ppm)	201
P (%)	0.51	P (%)	>0.70	P (%)	>0.50	P (%)	>1.20	P (%)	>1.1
K (%)	3.01	K (%)	>3.50	K (%)	>4.0	K (%)	>10	K (%)	>6.0
S (%)	>0.40	S (%)	>0.50	S (%)	>0.1	S (%)	>0.8	S (%)	>0.1
Ca (%)	>1	Ca (%)	>3.0	Ca (%)	>3.0	Ca (%)	>2.40	Ca (%)	>1.5
Mg (%)	>1	Mg (%)	>1.0	Mg (%)	>0.50	Mg (%)	>0.80	Mg (%)	>1.0
Fe (ppm)	301	Fe (ppm)	>250	Fe (ppm)	>300	Fe (ppm)	>300	Fe (ppm)	>140
Mn (ppm)	201	Mn (ppm)	>100	Mn (ppm)	>200	Mn (ppm)	>250	Mn (ppm)	>360
Cu (ppm)	51	Cu (ppm)	>30	Cu (ppm)	>15	Cu (ppm)	>50	Cu (ppm)	10
Zn (ppm)	71	Zn (ppm)	>70	Zn (ppm)	>250	Zn (ppm)	>250	Zn (ppm)	>80
Cd (ppm)	1.0	Cd (ppm)	> 5.0	Cd (ppm)	1.0	Cd (ppm)	1.0	Cd (ppm)	1.0
Mo (ppm)	> 0.18	Mo (ppm)	>5.0	Mo (ppm)	> 1.50	Mo (ppm)	>0.1	Mo (ppm)	> 2.10
Na (%)	0.01	Na (%)	>15	Na (%)	>0.01	Na (%)	>0.01	Na (%)	>0.01
Co (ppm)	15	Co (ppm)	> 5.0	Co (ppm)	15	Co (ppm)	15	Co (ppm)	15
Cr (ppm)	5	Cr (ppm)	10	Cr (ppm)	>2	Cr (ppm)	>2	Cr (ppm)	>2
Ni (ppm)	10	Ni (ppm)	>5.0	Ni (ppm)	>5	Ni (ppm)	>5	Ni (ppm)	>5
Pb (ppm)	30	Pb (ppm)	30	Pb (ppm)	>0.3	Pb (ppm)	>0.3	Pb (ppm)	>0.01
As (ppm)	1.0	As (ppm)	3.1	As (ppm)	1.0	As (ppm)	1.0	As (ppm)	1.0

SONUÇLAR

Çalışma alanı içerisinde bulunan suların elde edilen bulgular tarımsal sulama suyu kalite kriterlerine göre değerlendirilmiş ve buna göre; jeotermal kaynaklar ve deşarj edilen atık suların sulama sezonu öncesi ve sulama sezonu sonrası dönemlerinde sıcaklık, elektriksel iletkenlik (Ec), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^-), toplam tuz konsantrasyonu, bor ve tuzluluk alkalilik sınıfları açısından V. Sınıf kullanılamaz su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sulara ait ağır metal ve iz elementlerden; Molibden (Mo), Bor (B) ve Arsenik (As) konsantrasyon düzeyleri de sulama sularında bulunması gereken limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. Jeotermal kaynak ve atık suların bünyesinde bu kadar yüksek düzeylerde bulunan elementler, karıştığı İlhan deresi su örneklerine de yansımış durumdadır. Buna göre; jeotermal kaynakların etkisi altında bulunmayan dere suları tarımsal sulama suyu kalite kriterlerini sağlamış olup, % 83.3-91.6 oranında sulama suyu kullanılabilirlik düzeyine sahip olmalarına rağmen, jeotermal kaynakların etkisi altında bulunan ve deşarj edilen noktalardan itibaren yer alan dere sularında ise, pH, elektriksel iletkenlik (Ec), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^-), toplam tuz konsantrasyonu, bor ve tuzluluk alkalilik sınıfları açısından jeotermal kaynaklarla paralellik göstermekte olup, V. Sınıf sulama suyu kalitesinde ve % 33.3-41.6'lık sulama suyu kullanılabilirlik oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Dere sularında gözlenen Mo, B ve As konsantrasyon düzeyleri de yine sulama sularında bulunması gereken limitlerin üzerinde olup, bu suların jeotermal kaynak ve atık suların etkilendiği açıkça görülmektedir.

Çalışma alanındaki jeotermal saha içerisinde içme suyu olarak kullanılan suların, değerlendirilmesinde; Arsenik düzeyinin normal limitlerin 3-23 katı, Bor düzeyinin ise 6-8 katı daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Sulama suyu kalitesi olarak kullanılamaz durumda bulunan bu sularla sulanan tarımsal ürünlerin aksamalarında bazı ağır metal ve iz elementlerin kirlilik boyutunda birikim sağlandığı görülmüştür. Buna göre; Buğday_yaprak 'ta N, B, Cd, Mo, Na, Cr; Buğday_Kök'te B, Fe, Cd, Mo, Na, Cr, As; Domates_Yaprak'ta N, S, Ca, Fe, Na; Şekerpancarı_Yaprak'ta S, Fe, Cu, Na; Şekerpancarı_Kök'te S ve Na; Havuç_Yaprak'ta N,

B, S, Mo, Na, Cr, Pb ve As; Havuç_Kök'te S, Mo, Na, Pb ve As; Yonca_Yaprak'ta N ve S elementlerce birikim gözlenirken Yonca_Gövde'de ise herhangi bir element açısından birikme gözlenmemiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TAGEM/TSKAD/15/A13/P08/07 nolu proje kapsamında yürütülmüştür. Desteklerinden dolayı TAGEM'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akman Y, Ketenoğlu O, Evren H, Kurt L, Düzenli S (2000). Çevre kirliliği, çevre biyolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Anonim (1991). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Resmi Gazete sayı: 20748, Ankara.
- Anonim (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Resmi Gazete sayı: 25687, Ankara.
- Ayers RS, Westcot DW (1989). Water quality for agriculture.FAO, Irrigation and Drainage pp 29, Rev.1, p.174.
- Birkle P, Merkel B (2000). Environmental impact by spill of geothermal fluids at the geothermal field of Los Azufers, Michoacan Mexico. Water Air and Soil Pollution, 124 (3-4), 371-410.
- Brohi A, Akgün A, Rüştü M, Sabit K.E (1994). Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:4, Kitaplar Serisi:4, Tokat.
- Brooks RR (1983). Biological methods of prospecting for minerals, John Willey and Sons, NewYork, s. 332.
- Camgöz B, Saç MM, Bolca M, Özen F, Oruç ÖE, Demirel N (2010). Termal suların radyoaktivite ve kimyasal içeriklerinin incelenmesi; İzmir, Seferihisar bölgesi örneği, Ekoloji Dergisi, 19(76):78-87.
- Codex Alimentarius Commission (2011). Codex Alimentarius Commission (CAC), <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
- Dudka S, Piotrowska M, Chlopecka A,Witek T (1995). Trace metal contamination of soils and plants by the mining and smelting industry in upper silesia, South Poland, Journal of Geochemical Exploration, 52. 237-250.
- Edwards DG (1971). Concepts of essentiality and function of nutrients.
- Eroğlu V (2008). Ülkemizde termal, maden suları kaynakları ve kullanımı. Termal ve Maden Suları Konferansı, 24-25 Nisan, Afyonkarahisar.
- Eşder T (1981). Türkiye jeotermal enerji kaynakları ve seracılıktaki önemi. I. Türkiye Seracılık Kongresi, Etibank Matbaası, 81-108, Antalya.

Jones Jr. JB, Wolf B, Mills HA (1991). Plant analysis handbook micro-macro Publishing inc.

Köksoy M, Topçu S (1976). Jeokimyasal prospeksiyonun tanıtımı ve laboratuvar teknikleri. M.T.A. Eğitim Serisi Kitapları, 16, p. 96.

Mills H.A, Jones Jr. J.B (1996). Plant analysis handbook II. MicroMacro Publishing,

Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. Alinteri 17 (B): 14-26.

Özbek H, Kaya Z, Gök M, Kaptan H (1995). Toprak bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No:16, Adana.

Pais I, Jones Jr., JB (1997). The Handbook of trace elements, St. Lucie Pres, Boca Raton, Fla., pp. 223.

Rose AW, Hawkens HE, Webb JS (1979). Geochemistry in mineral exploration (2nd edition). Academic Press, London.

TSE (1987). TS-266 İçme suyu standartları, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.

USEPA (2001). Drinking water arsenic rule history. <https://www.epa.gov/dwreginfo/drinking-water-arsenic-rule-history>.

WHO (1993). Guidelines for Drinking-water Quality, set up in Geneva Read more: <http://www.lenntech.com/applications/drinking/standards/who-s-drinking-water-standards.htm#ixzz4oPJ2H7q4>.

Aritılmış Evsel Kaynaklı Atıksularla Sulanan Marul ve Toprakta Patojenik Bulaşıklığın Belirlenmesi

Perihan TARI AKAP^{1,*}  Mehmet GÜNDÜZ¹  Şerafettin AŞIK²  Şener ÖZÇELİK¹ 

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Menemen-İzmir
²Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): perihantari@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 16.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654796

Öz

Çalışma Türkiye'nin batısında yer alan Menemen Ovası'nda Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde 2014 yılında yürütülmüştür. Marul bitkisi evsel kaynaklı arıtılmış atıksu ile sulanmış; sulama suyu ise üç farklı sulama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Bu sulama sistemleri; toprak üstü damla sulama, toprak altı damla sulama ve karık sulama sistemleridir. Sulama suyunda anyon-kasyon, kirlilik ve fekal koliform analizleri yapılmıştır. Toprakta mikrobiyolojik aktivitenin en yoğun olduğu 0-20 cm derinlikten alınan örneklerde de patojen mikroorganizma analizleri yapılmıştır. Suyun pH değerleri; 7.9-7.79, EC değerleri; 2.7-3.9 dS m⁻¹ ve fekal koliform değerleri 1.456x10³-2.568 x10³ cfu 100 ml⁻¹ arasında bulunmuştur. Aritilmiş atıksu ile sulama yapmadan önce alınan toprak örneklerinde *Salmonella spp.* patojenine rastlanılmış olması oldukça ilginçtir. Bunun nedeni, bölgenin Kuş Cennetine oldukça yakın olması nedeniyle toprağın kanatlıların dışkılarıyla kirlenmiş olmasıdır. Hasat edilen marullarda yapılan patojen mikroorganizma sonuçları incelendiğinde en az bulaşıklığın 2x10¹ cfu 100g⁻¹ değeri ile toprakaltı damla sulama konusunda, en yüksek bulaşıklığın ise 4.4 x10² cfu 100g⁻¹ değeri ile karık sulama konusunda olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Atıksu, *E.coli*, marul, patojen, yeniden kullanım

Patogenic Contamination on Lettuce and Soil Irrigated by Treated Domestic Waste Water

Abstract

The Research was conducted at International Agricultural Research and Training Centre in Menemen, located western Turkey, in the late summer period in 2014. In this research, lettuce was irrigated by 3 different irrigation methods, drip irrigation, subsurface drip irrigation and furrow irrigation, with treated domestic waste water. Anion-cation, pollution analyses and fecal coliform tests were run. Also soil samples, from plots from the depth of 0-20 cm, were taken and analyzed in order to monitor the status of the pathogens in soil. Water's pH values were 7.59-7.79, EC values were 2.7-3.9 dS m⁻¹, fecal coliform values variety 1.456x10³-2.568 x10³ cfu 100 ml⁻¹. According to the analyses of soil samples before irrigation by treated waste water salmonella was also uncounted beforehand. It is thought that, this case can be a result of the feces of winged living around the trial area. According to the pathogenic analyses run on harvested lettuce *E. coli* values were found respectively 2x10¹ cfu 100g⁻¹ for sub-surface drip irrigation, 3 x10¹ cfu 100g⁻¹ *E. coli* for drip irrigation and 4.4 x10² cfu 100g⁻¹ for furrow irrigation. As a conclusion, it was found that pathogenic contamination in subsurface drip irrigation is less than the other methods.

Keywords: *E. coli*, lettuce, pathogen, reuse, wastewater

GİRİŞ

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve kısıtlı kullanım gerektirdiği günümüzde, sulama suyu olarak içme suyu niteliğindeki suların kullanılması yerine atıksu gibi marjinal su kaynaklarını kullanma gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Evsel ve sanayi atıksuları, hayvan atıksuları, sulamadan dönen drenaj suları yeniden kullanılabilir atıksu kaynaklarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde şehirlerden çıkan atıksuların %80'inin sürekli ve mevsimlik sulama için kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir. Arıtılmış atıksuyun Hindistan %25'ini ve Güney Afrika %24'ünü sulama için kullanmaktadır. Atıksuların plansız olarak dolaylı yollardan kullanımı ise daha yaygındır (Blumenthal vd., 2000). Kurak ve yarı kurak bölgede bulunan Tunus'ta 6 500 ha tarım alanı geri kazanılmış atıksu ile sulanmakta olup gelecekte ise 20 000 hektarlık alanın sulanacağı düşünülmektedir (Bahri ve Brissaud, 1996). İsrail yeni su kaynağı olarak değerlendirdiği, atıksuların %65'inden fazlasını geri kazanarak kullanmaktadır. Bu oranın önümüzdeki on yıl içinde %90'ın üzerine çıkartılması planlanmaktadır (Friedler, 2001).

Özellikle kurak bölgelerdeki gelişmekte olan ülkeler, yeni su kaynakları elde etmek ve mevcutları kirlilikten korumak için düşük maliyetli güvenilir teknolojilere gereksinim duymaktadırlar. Suya olan talep arttıkça, atıksuyun arıtılarak yeniden kullanılması talebin bir kısmını karşılamakta önemli bir kaynak haline gelmiştir (Asano, 1994; Kukul vd, 2009).

Atıksuların en çok kullanıldığı yerler; tarımsal ve tarım dışı sulama (park, bahçe, yeşil alanlar, golf sahası vb.) ve yeraltı suyu beslemesidir. Arıtılmış atıksular, sanayide soğutma veya proses suyu olarak yeniden kullanılabilir. Türkiye'de atıksularının yeniden kullanımı tekstil, kağıt ve metal sanayi gibi çok su tüketen sektörlerde uygulanmaya başlamıştır. Özellikle İstanbul ve civarındaki sanayi kuruluşlarında yeterli suyun olmaması, su ve atıksu ücretlerindeki hızlı artışlar, atıksuların yeniden kullanımı konusunu gündeme getirmiştir (Korkmaz vd., 2012).

Atıksular toprak, bitki, yüzey ve yeraltı su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilen, insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilen nitelikte olduğundan kullanılmasında dikkatli olunmalı ve koruyucu önlemler uygulanmalıdır. Bu çalışmada, arıtılmış evsel kaynaklı atıksuların çiğ olarak tüketilen marul bitkisinin sulamasında kullanımı durumunda patojenik bulaşmaların olup olmadığını belirlemek amacıyla üç farklı sulama yöntemi kullanılmıştır.

Karık, damla ve yüzeyaltı damla sulama yöntemleri kullanılmış ve bu sularla sulanan marul bitkisindeki kontaminasyonu değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Menemen Uluslararası Tarımsal Araştırma Merkezi arazisinde 2014 yılında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlı olarak kurulmuştur.

Menemen Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde arıtılan evsel kaynaklı arıtılmış atıksular sulama suyu olarak kullanılmıştır. Deneme konuları ise sulama yöntemleridir. Bunlar; karık sulama, damla sulama ve yüzeyaltı damla sulamadır. Çalışmanın bitki materyali ise Kassam çeşidi yazlık maruldur. Yazlık bir marul çeşidi olduğu için eylül ayı başında dikilip, ekim sonunda hasat edilmiştir. Bu bitki yaprakları çiğ olarak tüketildiğinden dolayı bulaşıklık olması durumunda kritik bir bitki olarak düşünüldüğünden, özellikle seçilmiştir. Bitki yetiştirme döneminde kritik tarihler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Marul bitkisi vejetasyon dönemindeki kritik tarihler
Table 1. Critical dates of lettuce vegetation period

02.09.2014	Dikim
09.09.2014	İlk sulama
12.09.2014	Vejetatif gelişim
03.10.2014	Göbek oluşumu başlangıcı
21.10.2014	Son sulama
05.11.2014	Hasat

Sulamalar, damla ve yüzeyaltı damla sulama konusunda elverişli toprak neminin %30'u, karık sulamada ise %50'si azaldığında tarla kapasitesine getirilecek şekilde yapılmıştır. Damla sulama konusuna; 241 mm, yüzeyaltı damla sulama konusuna 233 mm ve karık sulama konusuna 301 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Arıtılmış atıksu her sulama öncesinde atıksu arıtma tesisinden PVC depolarla getirilmiş ve hemen sulamaya başlanmıştır. Sterilize edilmiş özel cam şişelere eldiven yardımıyla her ay alınan, arıtılmış atıksu örneklerinde standart sulama suyu, kirlilik parametreleri ve bazı mikrobiyolojik analizler UTAEM ve Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Mikrobiyoloji Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. EC, pH ve fekal koliform analizleri ise haftalık olarak yapılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için alınan toprak örnekleri mikrobiyolojik aktivitenin en yoğun olduğu toprağın 0-20 cm'lik katmanından dikim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere iki kez alınarak topraktaki patojen mikroorganizma popülasyonu incelenmiştir. Örnekler alınırken sterilizasyona önem gösterilmiş, eldiven kullanılmış ve alınan toprak örnekleri +4°C 'yi sağlayacak koşullarda laboratuvara götürülüp analizi yapılmıştır.

Marulda yapılan patojenik kontaminasyon analizleri için her konu ve tekrarda toplamda 9 parselden gerekli sterilizasyon koşulları sağlanarak, üçer adet marul örneği yine +4°C koşulu sağlanarak laboratuvara götürülmüş ve analizi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Aritılmış atıksuyun haftalık pH, EC ve fekal koliform bulguları Çizelge 2'de sunulmuştur. Sulama suyu olarak kullanılan Menemen Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu, fekal koliform değerleri $1.456 \times 10^3 - 2.254 \times 10^3$ cfu 100 ml⁻¹ aralığında değişiklik göstermiştir. Bu değerler Atıksu Arıtma Teknik Usuller Tebliği'nde (Anonim, 2010) belirtilen sınır değerlerin üstünde bulunmuştur.

Çizelge 2. Aritilmiş atıksuyun haftalık pH, EC ve fekal koliform bulguları

Table 2. pH, EC and fecal coliform weekly values of treated wastewater

Tarih	pH	EC (ds m ⁻¹)	Fekal koliform (cfu 100 ml ⁻¹)
05.09.14	7.67	3.160	1.785 x10 ³
11.09.14	7.14	2.107	1.456 x10 ³
14.09.14	7.48	3.030	1.985 x10 ³
19.09.14	7.24	3.028	2.254 x10 ³
29.09.14	8.57	3.400	1.962 x10 ³
11.10.14	7.65	3.680	1.547 x10 ³

Çizelge 4. Aritilmiş atıksuda potansiyel toksik element analiz bulguları (ppb)

Table 4. Potential toxic element values of treated wastewater (ppb)

Tarih	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd	Cr	Co	Ni
05.09.2014	0.21	0.37	22.20	3.30	2.28	4.97	10.48	1.62	34.82
28.09.2014	0.41	0.42	19.84	6.94	3.02	2.68	9.31	2.32	13.34
02.10.2014	0.58	0.04	77.15	2.55	1.54	0.40	12.57	3.81	16.23
23.10.2014	0.32	0.68	22.98	6.73	20.78	2.21	13.53	2.17	92.21
referans değerler	5000	200	2000	200	5000	10	100	50	200

EC değerleri ise 2.107-3.680 dS m⁻¹ aralığında bulunmuştur. Bu değerler de Anonim (2010)'a göre kullanımında az-orta derecede zarar oluşturabilir kategorisindedir.

Araştırmada kullanılan arıtılmış atıksuların 2014 yılı su kirliliği analiz değerleri Çizelge 3'te görülmektedir. Çizelge 3'e göre; Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) analiz sonuçları 40mg l⁻¹ and 50mg l⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Anonim (2010)'a göre BOİ₅ değerinin < 20 mg l⁻¹ olması gerekmektedir. BOİ₅ ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) su kirliliğinin varlığı ile ilgili fikir vermektedir. Bu değerler ne kadar yüksekse su içerisinde oksijen tüketen mikroorganizma varlığı da o kadar yüksektir. Azot (N) değerlerine bakıldığında yine beklenildiği üzere yüksek değerler elde edilmiş ve bu durum da bitki besin elementi açısından suyun zengin olduğunu göstermektedir.

Aritilmiş atıksuda potansiyel toksik element analiz bulguları Çizelge 4'de verilmektedir. Çizelge 4'e göre; arıtılmış atıksuyun evsel kaynaklı olmasından dolayı, beklenildiği üzere potansiyel toksik element analiz sonuçları, referans değerlerin altında bulunmuş ve bu açıdan sulamada kullanılmasında sakınca olmadığı görülmüştür.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan suların 2014 yılı su kirliliği analiz değerleri (mg l⁻¹)

Table 3. Water pollution analyses values of water use in research in 2014

Tarih	KOİ	BOİ ₅	AKM	TN	NO ₃ -N	TP
05.09.2014	85	50	3.6	70	21.1	<0.5
28.09.2014	48	40	21.2	120	6.5	0.8
23.10.2014	<15	45	12.4	120	13.7	1.25

KOİ: kimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ₅: biyolojik oksijen ihtiyacı, AKM: askıda katı madde, TN: toplam azot, NO₃-N: amonyum azotu, TP: toplam fosfor.

Dikim öncesi ve hasat sonrası 0-20 cm'lik toprak derinliğinden alınan örneklerde mikrobiyal

Çizelge 5. Toprakta mikrobiyal patojen bulguları
Table 5. Microbiological pathogen values of soil

Örnekleme zamanı	Konular	Toplam canlı bakteri (cfu 100g ⁻¹)	Koliform bakteri (cfu 100g ⁻¹)	E. Coli (cfu 100g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> spp.	Helmint yumurtası ve protozoalar
dikim öncesi	damla sulama	3,2x10 ⁶	4,5x10 ³	1 x10 ¹	+	-
	yüzeyaltı damla sulama	4,8 x10 ⁶	2,8 x10 ³	1 x10 ¹	+	-
	karık sulama	2,4 x10 ⁶	1,1 x10 ³	1 x10 ¹	+	-
hasat sonrası	damla sulama	2,8x10 ⁷	6,3 x10 ³	3,3 x10 ³	+	-
	yüzeyaltı damla sulama	2,4 x10 ⁷	4,4 x10 ³	1,4 x10 ³	+	-
	karık sulama	3,1 x10 ⁷	6,4 x10 ³	8 x10 ³	+	-

patojen bulguları Çizelge 5'de görüldüğü gibi; toplam canlı bakteri sayısı 10⁶ aralığından arıtılmış atıksuyla sulama yapıldıktan sonra 10⁷ aralıklarına yükselmiştir. Bu canlı bakterilerden insanlarda hastalık yapabilecek olan dışkı kaynaklı fekal koliform grubu önemli yere sahiptir. Arıtılmış atıksu ile sulama yapıldıktan sonra bu bakterilerin yaşaması için uygun ortamlar oluştuğunda bunların sayısındaki artış dikkat çekicidir. Yapılan *Salmonella* var/yok testleri her iki dönemde de pozitif çıkmıştır. *Salmonella* özellikle kanatlı dışkı kökenli bir bakteri türüdür. Menemen Ovası İzmir Kuş Cenneti'ne oldukça yakın bir ova olup özellikle balıkçıl kuşların da uğrak noktası konumundadır. *Salmonella* bulaşıklığının bu kuşların dışkılarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Dikim öncesi ve hasat sonrası alınan toprak örneklerinde, helmint yumurtası kistleri ve protozoalara (*Giardia lamblia*) rastlanılmamıştır.

Marulda mikrobiyal bulaşıklık bulguları hasatta tesadüfi seçilen marul örneklerinde yapılan mikrobiyal bulaşıklık bulguları Çizelge 6'da görülmektedir. E. coli bulaşıklığının 4.4x10² cfu 100 g⁻¹ ile en fazla karık sulama konusunda gerçekleştiği görülmektedir. En az bulaşıklık ise 2x10¹ cfu 100⁻¹ gile yüzeyaltı damla sulama konusunda gerçekleşmiştir. Sulama suyunda *Salmonella* bulunmamasına rağmen marullarda *Salmonella*'ya rastlanılmıştır.

Bunun nedeninin toprakta hâlihazırda bulunan *Salmonella*'dan olduğu düşünülmektedir. Marulda helmint yumurtası kistleri ve protozoalara (*Giardia lamblia*) rastlanılmamıştır.

SONUÇLAR

Son yıllarda artan dünya nüfusu, küresel ısınmaya bağlı su kıtlığı ve hızlı endüstrileşmeyle birlikte tatlı su gereksinimi sürekli artmaktadır. Tatlı su kaynaklarının korunması ve bunun yanında kullanılmış suların arıtılarak yeniden kullanımı günümüzün en önemli konularından birini oluşturmaktadır. Ülkemizde nüfusu 100 000'i aşan belediyelerin hemen hepsinde atıksu arıtma tesisleri kurulmuş, havza koruma eylem planları çerçevesinde bu tesisler işletmeye açılmıştır. Özellikle evsel kaynaklı atıksuların yeniden kullanılması konusunda dışkı kökenli bağırsak sistemi hastalarına neden olan bakteri ve virüslerin alıcı ortamlara kontrollü şekilde verilmesi gerekmektedir. Sulamada kullanılacaksa; özellikle çiğ tüketilen sebzelerde yüzeyaltı damla sulama uygulamaları kullanılmalı yine de bulaşıklık olabileceği asla unutulmamalı, bu nedenle de çiftlik çalışanları gerekli önlemleri aldıktan sonra çalışmalarına devam etmeli, suyla temas eden kişiler konuyla ilgili olarak bilgilendirilmeli ve gerekli sağlık kontrollerinden geçmelidirler.

Çizelge 6. Marulda mikrobiyal bulaşıklık bulguları
Table 6. Microbiological contamination of lettuce

Konular	E.coli (cfu 100g ⁻¹)	Salmonella	Helmint yumurtası ve protozoalar
Damla Sulama	3x10 ¹	+	-
Yüzeyaltı Damla Sulama	2x10 ¹	+	-
Karık Sulama	4,4x10 ²	+	-

KAYNAKLAR

Anonim (2010). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. Resmi Gazete, Sayı: 27527.

Asano T (1994). Irrigation with treated sewage effluent. Adv. Series in Agricultural Sciences, Vol. 22, (Eds.) KK Tanji and B Yaron. Springer-Verlag, Berlin, 199-228.

Blumenthal UJ, Peasey A, Ruiz-Palacios G, Duncan Mara D (2000). Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: Recommended revision based on new research evidence. Water and Environmental Health at London and Loughborough (WELL) Study, Task No: 68, Part 1, Loughborough University, UK. <http://www.lboro.ac.uk/well/>, Erişim Tarihi: 12.06.2012

Bahri, A., Brissaud, F., 1996. Wastewater reuse in Tunisia: Assessing a national policy. Water Science and Technology, 33 (10-11): 87-94.

Friedler E (2001). Water reuse - An integral part of water resources management: Israel as a case study. Water Policy 3(1): 29-39.

Korkmaz N, Gunduz M, Tari P (2012). Agricultural irrigation with treated municipal waste water, Aegean Agricultural Research Institute Journal, 151(27-36).

Kukul Kurttaş YS, Anaç S, Yeşilirmak E (2009). Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılmasına İlişkin Türkiye Standartlarının Geliştirilmesi, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Bornova-İZMİR, .s.10.

Samsun İli Sebze ve Meyve Üreticilerinin İyi Tarım Uygulamalarına (İTU) Yaklaşımı

Mehmet AYDOĞAN^{1,*}  Başak AYDIN²  Necla TOPÇU³ Yunus Emre TERZİ¹

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

²Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli

³Samsun Tohum Sertifikasyon Test Merkezi Müdürlüğü, Samsun

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): aydogan.mehmet@tarim.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.654804

Öz

Bu çalışma Samsun ilindeki sebze ve meyve üreticilerinin İyi Tarım Uygulamalarından (İTU) haberdar olma durumlarının belirlenmesi, İTU üretim sistemine bakış açılarının tespit edilmesi, İTU teknikleri ile üretim yapmaya teşvik eden faktörlerin ortaya çıkartılması amacıyla yapılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler Samsun ili Bafra ve Çarşamba ilçelerindeki iyi tarım uygulamaları yapan ve yapmayan üreticilerden yüz yüze yapılan anketler ile elde edilmiştir. Araştırma kapsamındaki üreticilerden basit tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenmiş 210 üretici ile anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistik yöntemlerinden yararlanılmıştır. İTU üretim yöntemine göre üretim yapan üreticilerin ve yapmayan üreticilerin sosyo-ekonomik özellikleri karşılaştırıldığında; İTU ile üretim yapan çiftçilerin eğitim düzeyleri, ailedeki birey sayısı, yeniliklere karşı tutumları, tarım sigortası yaptırma durumları, toplam arazi miktarı, sahip olunan büyükbaş hayvan sayısı, tarım dışı gelir kaynakları, medyayı bilgi kaynağı olarak kullanma durumları ve informal bilgi kaynaklarını kullanma durumları yapmayan üreticilere göre daha yüksek olduğu ($p < 0.05$); üreticilerin yaş ortalamaları ve tarımsal karar verme deneyimleri arasında ise istatistiki açıdan farklılıklar bulunmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$). İyi tarım uygulamaları ile üretim yapan üreticilerin bu tekniği benimsemelerinde; İTU'nun çevreye daha duyarlı olması (%34.7), üretilen ürünlerin konvansiyonel ürünlere göre daha kaliteli ve sağlıklı olması (%23.6) ve destekleme ödemelerinin (%22.7) etkili olduğu tespit edilmiştir. İTU üretim yöntemi ile üretim yapılmasının önündeki engeller arasında, İTU'nun konvansiyonel üretimden farklı olmadığını düşünme (%25), konu hakkında yeterli bilgiye sahip olmama (%20) ve İTU ile üretim yapmanın daha maliyetli olması (%15) sayılabilir. İTU üreticilerinin bu tarım tekniği ile üretilen ürünlerden gelecek dönemlerde yüksek getiri beklentisi (%25.9), Bafra ve Çarşamba ilçelerindeki sebze yetiştiriciliği konusunda üreticilerin mevcut bilgi birikimi, araştırma bölgesinde ülkesel büyük ölçekli marketlerin satın alma ve depolama tesislerinin bulunması İTU uygulamalarının yaygınlaştırılmasında güçlü argümanlar olarak değerlendirilebilir.

Anahtar kelimeler : İyi tarım uygulamaları, meyve, sebze, Samsun

Approaches of Vegetable and Fruit Producers to Good Agricultural Practices (GAP) in Samsun Province

Abstract

This study was conducted to determine the producers' awareness of GAP, the viewpoints of producers against to GAP, and to reveal the promoting factors producing with GAP. Bafra and Çarşamba Districts were selected as research area because of the intensive Good Agricultural Practices (GAP). The first and

main materials of the research is data obtained questionnaire through vegetable and fruit producers in GAP and conventional vegetable and fruit producers. In the research, 210 producers were selected with random sampling method. The descriptive statistics methods were used to evaluate the data. The socioeconomic characteristics of the GAP producers and conventional producers were compared. The GAP producers' education level, household size, attitudes towards agricultural innovation, having agricultural insurance, total land size, the presence of cattle, nonfarm income sources and information sources are statistically different from conventional producers' ($p < 0.05$). The GAP producers' average ages and agricultural decision-making experiences are not statistically different from conventional producers' ($p > 0.05$). According to GAP producers, the GAP is more sensitive to the environment (34.7%), the vegetables and fruits have better quality and healthy to conventional vegetables and fruits (23.6%). Another factor affected to adopt the GAP is supporting payments (22.7%). The quarter of the conventional producers think there are no differences between the GAP and conventional production systems. The 20% of the conventional producers have no idea about the GAP. According to 15% of the conventional producers, the GAP production costs are higher than conventional production costs. The high return expectations (25.9%), the existing knowledge in vegetable production in Bafra and Çarşamba districts, the presence of purchasing and storage facilities by national large-scale companies are powerful factors in spreading of the GAP.

Keywords: Fruit, good agricultural practices, Samsun, vegetable

GİRİŞ

Dünya genelinde nüfusun sürekli artması gıda talebini de artırmaktadır. Bu talep artışını karşılayabilmek için üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ile birlikte tarımsal uygulamalarda aşırı girdi kullanımını beraberinde getirmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde artan gıda talebini karşılamak diğer bir ifade ile gıda güvenesi temel sorun iken; gelişmiş ülkelerde gıdaların nasıl üretildiği, hangi işlemlerden geçtiği ve insan sağlığı üzerindeki etkileri sorgulanır hale gelmiştir. Gelişmiş ülkelerdeki eğitim seviyesi, gelirin artması ve bu konuda yapılan çalışmaların etkisi ile gıda üretiminin sürdürülebilirliği, gıda güvenesi ve gıda güvenilirliği son yıllarda önem kazanmıştır. Tüketiciler satın aldıkları ve tükettikleri ürünlerin kendilerine sağladıkları yararların dışında diğer üretim faktörlerine, çevreye, sosyal konulara duyarlı olarak üretilmesini de sorgulamaktadırlar. Başka bir ifade ile tarım ürünlerinin tüketilmeden önce nasıl üretildiklerinin kontrol edilmesini ve bazı kriterlere uygun olarak üretildiğinin denetlendiğini görmek istemektedirler. Bu kaygıların giderilmesi için tarımsal alanda da yeni üretim teknikleri geliştirilmiştir. Organik üretim, iyi tarım uygulamaları ve entegre ürün yönetimi bu alanda geliştirilen tarımsal üretim tekniklerinden bazılarıdır.

İyi Tarım Uygulamaları (İTU); insan sağlığına zararlı kimyasal, mikrobiyolojik, fiziksel kalıntılar içermeyen, doğal çevreyle uyumlu, sürdürülebilir

üretimi ön gören, insan ve hayvan sağlığını koruyan, ekonomik açıdan kârlı ve verimli, üretimin her aşamasının kayıt altına alındığı, gerekli kontrollerin yapılarak sertifikalandırıldığı bir üretim sistemi olarak tanımlanabilir. Bu üretim sisteminde amaç, çiftçiler, gıda işleyicileri, gıda perakendecileri, tüketiciler ve hükümetlerin sürdürülebilir tarımsal üretimdeki sorumluluklarını yerine getirmek için teşvik edilmesidir (FAO, 2002). İyi Tarım Uygulamalarında temel amaç, üretimin her aşamasının kayıt altına alınarak izlenebilmesini sağlamak, üretim aşamalarını kontrol etmek ve bağımsız bir kurum tarafından denetleme yapılarak sertifikalandırmaktır. Dünya genelinde bu kavramsal çerçevede sertifikalandırma ve denetleme görevi yapan birçok oluşum bulunmaktadır. Bu oluşumlar arasında, dünyada en kapsamlı İyi Tarım Uygulamaları EUREP tarafından hazırlanan EUROGAP protokolüdür (Akdamar, 2004).

Avrupa Gıda Perakendecileri Çalışma Grubu (EUREP) 1997 yılında dünya çapında bazı seçilmiş ürünler için İyi Tarım Uygulamalarının geliştirilmesi için gerekli olan faktörleri ifade eden bir kavramsal çerçeve geliştirmiştir. Bu kavramsal çerçeve 2007 yılına kadar EUROGAP, 2007 yılından sonra ise GLOBALGAP olarak ifade edilmektedir. EUROGAP, taze meyveler ve sebze üretimi için güvenli bir üretim sürecini garanti eden bir uluslararası kalite sistemidir. EUROGAP'ın prensipleri sadece

gıda güvenliği olmayıp aynı zamanda çevrenin korunması, iş sağlığı ve güvenliği ve refahı üzerinedir (Galdos, 2004).

Avrupa'daki toplam yaş meyve ve sebze pazarının %70-80'ini elinde bulunduran Perakendeciler Birliği'nin üyelerinin EUROGAP sertifikalı ürün talebi nedeni ile İyi Tarım Uygulamalarının önemi giderek artmaktadır. Bu sebeple dünya ülkeleri 2002 yılında "Ulusal ve Bölgesel Çalışma Grupları" oluşturmuş ve ülkelerindeki tarımsal üretimi EUROGAP protokolüne uygun hale getirmeye başlamışlardır. Günümüz itibari ile dünyanın 80 ülkesinde İTU uygulamaları yapılmakta ve sertifikalandırılmaktadır (Akdamar, 2004).

İyi Tarım Uygulamaları, diğer yeni geliştirilen üretim sistemlerinden gönüllülük esasına dayanması açısından farklılıklar göstermektedir. Avrupa dışındaki ülkelerin İTU uygulamalarına göre üretim yapmalarının temelinde ihracat baskısı yatmaktadır. Avrupa kıtasına ihracat yapacak ülkelere EUROGAP sertifikası istendiği için, ülkeler bu pazardan pay alabilme yarışına girmişlerdir.

Türkiye ve Samsun'da iyi tarım uygulamaları

Türkiye'de İyi Tarım Uygulamaları ile ilgili yasal düzenleme 08.09.2004 tarih ve 25577 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "İyi Tarım Uygulamalarına İlişkin Yönetmelik" ile yapılmıştır. İlgili yönetmelikte İTU; "tarımsal üretim sisteminin sosyal açıdan yaşanabilir, ekonomik açıdan kârlı ve verimli, insan sağlığını koruyan, hayvan sağlık ve refahı ile çevreye önem veren bir hale getirmek için uygulanması gereken işlemler" olarak tanımlanmaktadır. Bu Yönetmeliğin amacı; çevre, insan ve hayvan sağlığına zarar vermeyen bir tarımsal üretimin yapılması, doğal kaynakların korunması, tarımda izlenebilirlik ve sürdürülebilirlik ile güvenilir ürün arzının sağlanması için gerçekleştirilecek iyi tarım uygulamalarının usul ve esaslarını düzenlemektir (Resmi Gazete, 2010).

Türkiye'de 2012 yılı itibari ile 47 ilde 3676 üretici İTU esaslarına göre üretim yapmaktadır. Bu oran 2007 yılındaki rakamlarla kıyaslandığında; üretim yapılan il sayısında %161; üretici sayısında %434; toplam üretim alanında %1461 oranında artış olduğu gözlemlenmektedir (GTHB, 2014a). Türkiye'de 2012 yılı itibari ile İTU kapsamında üretilen bazı bitkisel ürünlerin değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı ürünler için İTU bitkisel üretim değerleri (GTHB, 2014b)

Table 1. GAP vegetative production values for some crops

Ürün adı	Üretici sayısı	Üretim alanı (da)
Limon	477	54 965
Mısır	411	24 843
Mandalina	409	62 098 585
Portakal	375	99 758
Domates	341	29 209
Muz	340	2 661
Elma	313	37 072
Zeytin	309	42 067
Antepfıstığı	231	47 892
Patates	17	79 764
Nar	150	59 914
Çeltik	12	44 788
Zeytin	309	42 067

İTU kapsamında üretilen bitkisel ürünler arasında; üretici sayılarına göre limon, mısır ve mandalina ilk üç sırayı almaktadır. Üretim alanlarına göre ise ilk üç sırayı mandalina, portakal ve patates almaktadır. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere ülkemizde İTU kapsamında meyve üretimi oldukça fazladır ve yıllara göre artan bir şekilde devam etmektedir.

İTU çerçevesinde yapılan üretimin teşvik edilmesi amacı ile Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından üreticiler desteklenmektedir. 2014 yılında yapılacak Tarımsal Desteklemelere ilişkin karar 12.04.2014 tarihli 28970 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Buna göre İyi Tarım Uygulamaları Destekleme miktarları meyve ve sebze üretimi için dekar başına 50 TL, bu üretimlerin örtü altında yapılması halinde ise dekar başına 150 TL olarak belirlenmiştir.

Samsun ilinde İTU uygulamaları 2015 yılı içerisinde; Çarşamba, Terme, Bafra ve 19 Mayıs ilçelerinde yazlık sebze, kışık sebze, tahıl grubu ve meyve gruplarında yaklaşık 74392 da alanda, 1023 üretici iyi tarım uygulamalarına göre üretim yapmaktadır.

Samsun ilinde İTU tekniklerine göre üretim Bafra ve Terme ilçelerinde yoğunlaşmaktadır (Çizelge 2). Çizelge 2'den de anlaşılacağı üzere toplam üretici sayısının %56'sı Bafra ve %34.6'sı ise Terme ilçesinde yer almaktadır.

Çizelge 2. Samsun ilinde İTU tekniklerine göre yapılan bitkisel üretim değerleri (Anonim, 2015)

Table 2. Vegetative production values according to GAP techniques in Samsun province

İlçeler	Çiftçi sayısı	Yazlık sebze (da)	Kışlık sebze (da)	Tahıl grubu (da)	Meyve (da)
Bafra	573	2 491	3 299	46 393	
Merkez	3				63
Terme	354			2 451	13 765
Çarşamba	91	426			3 011
Tekkeköy	1				975
19 Mayıs	1				495
Toplam	1 023	2 917	3 299	48 844	18 309

Yazlık sebze olarak kavun, karpuz, domates ve biber; kışlık sebze olarak ise beyaz baş lahana, kırmızilahana, karnabahar ve brokoli yoğun olarak yetiştirilmektedir. Tahıl grubunda ise çeltik ve dane mısır önemli yer tutmaktadır. Kışlık sebze ve tahıl grubunun tamamı, yazlık sebzenin ise tamamına yakını Bafra ilçesinde üretilmektedir. Meyvecilik alanında ise Çarşamba ve diğer ilçeler önde gelmektedir. İTU tekniklerine göre meyve üretimi elma, armut, şeftali ve kiraz da yapılmaktadır.

İlgili Bakanlığın destekleme ödemeleri yanında ildeki İyi Tarım Uygulamaları Samsun Valiliği tarafından da desteklenmektedir. Bu kapsamda İl Özel İdaresi kaynakları kullanılarak 572 üreticinin sertifika ücretleri karşılanmıştır (GTHB Samsun İl Müdürlüğü, 2014).

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın hedef kitesini Samsun ilinin Bafra ve Çarşamba ilçelerinde iyi tarım yapan ve yapmayan üreticiler oluşturmaktadır. Anket yapılacak üretici sayısının belirlenmesinde Çarşamba ilçesinde yer alan iyi tarım yapan şeftali ve elma üreticilerinin sayılarının az olması nedeniyle tam sayım örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bafra ilçesinde yer alan iyi tarım yapan işletmelerin ürün çeşitliliği ve işletme sayısının fazla olması nedeniyle; en çok üretimi yapılan ürünler (çeltik, beyaz baş lahana, karpuz) gayeli olarak seçilmiştir. Araştırmada örnekleme kriteri olarak işletme arazisi büyüklüğü (da) kullanılmış olup, örnek işletme sayısı, basit tesadüfî örnekleme metoduna göre aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir (Yamane, 1967).

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

Formülde; N toplam işletme sayısını, n; örneğe seçilecek işletme sayısını, σ varyansı ve D hata payını göstermektedir. Formülde %90 güven aralığı ve %10 hata payına göre elde edilen 210 işletme ile anket çalışması yapılmıştır. Anketlerin ilçelere ve ürünlere göre dağılımı Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Anketlerin ilçelere ve ürün gruplarına göre dağılımı
Table 3. Distribution of the surveys according to the districts and the crop groups

İlçe	Ürün grubu	İTU anket sayısı	Konvansiyonel anket sayısı
Bafra	Çeltik	47	47
Bafra	Beyazbaş Lahana	18	18
Bafra	Karpuz	16	16
Çarşamba	Şeftali	14	14
Çarşamba	Elma	10	10
Toplam		105	105

Araştırmada kullanılan veriler üreticilerden anket yoluyla elde edilmiştir. Araştırmada üretim dönemi olarak 2012 yılı hasat dönemi esas alınmıştır. Araştırma değişkenlerinin test edilmesi ve yorumlanmasında tanımlayıcı istatistikî metotlardan, t testi ve ki-kare test istatistiklerinden yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Üreticilerin bazı sosyo-ekonomik özelliklerinin karşılaştırılması

Araştırma bölgesindeki İTU tekniklerine göre tarım yapan üreticiler ile konvansiyonel olarak üretim yapan üreticilerin sosyal ve ekonomik özelliklerinin belirlenmesi; çiftçiler arasındaki yaş, eğitim, arazi büyüklüğü, aile büyüklüğü gibi değişkenlerin üretim biçimini etkileyip etkilemediğini belirlemek açısından önemlidir.

Araştırma bölgesindeki üreticilerin bazı sosyoekonomik özellikleri Çizelge 4’te verilmiştir. Üreticilerin yaşı, karar almada ve bilgi yayılımının açıklanmasında bazen önemli bir kişisel özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Zhou (2010), yaşlı çiftçilerin tarımsal deneyimlerinin daha fazla olduğunu ve teknolojik bilgiye daha kolay ulaşabildiklerini saptamıştır. Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin sahiplerinin aynı bölgedeki konvansiyonel tarım yapan işletme sahiplerinin yaş ortalamaları arasında istatistikî açıdan bir farklılık tespit

Çizelge 4. Üretim yöntemlerine göre üreticilerin bazı sosyoekonomik göstergeleri

Table 4. Some socioeconomic indicators of the producers according to the production methods

Sosyoekonomik özellikler	Üretim yöntemi	Sayı	Ortalama	T testi (p)
İşletme sahibinin yaşı (yıl)	İTU	105	48	0.703
	Konvansiyonel	105	50	
Hane halkı genişliği	İTU	105	7	0.010*
	Konvansiyonel	105	5	
İşletme sahibinin tarımsal deneyimi (yıl)	İTU	105	34	0.767
	Konvansiyonel	105	31	
Toplam arazi miktarı (da)	İTU	105	91,8	0.000*
	Konvansiyonel	105	36	
Toplam BH sayısı (adet)	İTU	105	13	0.002*
	Konvansiyonel	105	6	

edilememiştir ($p>0.05$). Diğer bir ifade ile yaş faktörü İTU uygulamalarını benimsemeye etkili bir faktör olmadığı söylenebilir.

Deneyim; bireyin daha önceden doğrudan katılmış olduğu olay ve aktiviteler sonucu elde ettiği bilgi ve becerilerin toplamı olarak tanımlanabilir. Kırsal toplumlarda üreticiler herhangi bir karar verme sürecinde geçmiş deneyimlerinden yararlanmaktadırlar. Bu araştırmada tarımsal deneyim, üreticinin üretim kararlarını kendisinin verdiği yıllar toplamını ifade etmektedir. Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin tarımsal deneyimleri ile konvansiyonel olarak üretim yapan işletme sahiplerinin tarımsal deneyimleri arasında istatistiki olarak fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). Başka bir ifade ile tarımsal deneyim üretim yöntemini seçmede etkili bir faktör olmadığı söylenebilir.

Ülkemizdeki tarımsal faaliyetler, mekanizasyonun yeterli kullanılmaması nedeniyle emek yoğun olarak gerçekleştirilmektedir. Bir işletmenin hane halkı genişliğinin büyük olması işletmenin iş gücü bakımından dışa bağımlılığını da azaltmaktadır. Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin hane halkı genişlikleri konvansiyonel olarak üretim yapan işletmelerin hane halkı genişliklerinden daha büyüktür ($p<0.05$). Diğer bir ifade ile hane halkı genişliği büyük olan tarım işletmeleri yenilikleri benimseme ve uygulama konusunda konvansiyonellere göre daha avantajlı durumdadır. Padel (2008), Olhan (1997),

Demiryürek (2010) ve Aydoğan (2012), yaptıkları çalışmalarda; organik tarım yapan işletmelerinin hane halkı büyüklüğünün konvansiyonel tarım yapan işletmelerin hane halkı büyüklüğünden fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, hane halkı genişliğinin üretim yöntemini belirlemede etkili olduğu söylenebilir.

Çizelge 4 incelendiğinde İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin ortalama arazi büyüklükleri ve sahip oldukları hayvan sayıları bakımından farklılık olduğu görülmektedir. Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan işletmelerin arazi büyüklükleri konvansiyonel üretim yapanların arazi büyüklüklerinin iki katından daha fazla olduğu görülmektedir. Araştırma alanı için arazi genişliği ve sahip olunan hayvan sayısı arttıkça üreticilerin üretim sistemlerini de daha kolay değiştirebildikleri görülmektedir. Eş deyişle, sahip olunan arazi miktarı ve hayvan sayısı üretim yöntemini seçmede etkili bir faktördür ($p<0.05$).

Genel olarak eğitimin, sosyal refah ve büyüme ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Eğitim, ekonomik kalkınmanın temeli olarak görülmektedir. Ekonomik kalkınmasını tamamlamış ve gelir düzeyi yüksek ülkelerin insanların eğitim seviyelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Jacobson vd. (2003), organik ve konvansiyonel tarım yapan çiftçilerin sosyal yapılarını, araştırdıkları çalışmada, konvansiyonel üreticilerin eğitim düzeylerinin organik üreticilere oranla düşük olduğunu saptamışlardır. Düşük eğitim ve gelir seviyesindeki çiftçiler zararlı böceklerin hasara neden olduğu ve bunu gidermek için çok fazla miktarda bitki koruma ilacı harcaması yaptıklarını belirtmiştir. Serin vd. (2009), yaygın eğitim ile çiftçilerin eğitilmesinin üreticilerin gelirleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, eğitimin gelir üzerinde etkisi olduğunu ve eğitim değişkenindeki bir birimlik artışın çiftçilerin gelirlerinde 0.24 birim artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Zhou vd. (2010), çiftçilerin gübre kullanımındaki kararlarını etkileyen faktörleri belirledikleri çalışmalarında, yüksek eğitim seviyesine sahip olmanın, aşırı gübre kullanımını önemli ölçüde düşüren bir faktör olduğunu ve istatistiki açıdan bunun önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, eğitim çiftçilerin; tarımsal girdilerin nasıl kullanılacağı konusunda bilgiye ulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Bu sebeple, eğitimin tarımsal karar almada etkili olması beklenmektedir. Araştırma bölgesindeki üreticilerin eğitim düzeyleri üç kategoride ele

alınarak aralarında anlamlı bir ilişki olup olmadığı ki-kare testi ile incelenmiştir (Çizelge 5). İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin eğitim düzeyleri konvansiyonel üretim yapan çiftçilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($\chi^2=9.233$; $p<0.05$). Eş deyişle, üreticilerin eğitim düzeyleri üretim yöntemini seçmede etkili bir faktör olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 5. Üretim yöntemlerine göre üreticilerin eğitim düzeyleri

Table 5. Education levels of the producers according to the production methods

Eğitim düzeyi	İTU		Konvansiyonel	
	Sayı	%	Sayı	%
İlkokul ve okuryazar	56	53.3	75	71.4
Ortaokul	14	13.3	14	13.3
Lise ve üstü	35	33.3	16	15.3
Toplam	105	100.0	105	100.0

Tarım dışı gelir (TDG), işletmelerin arazilerinin bir kısmını kiraya vermeleri ile aile fertlerinin bir kısmının tarım dışı çeşitli hizmetlerde çalışmaları sonucunda elde ettikleri gelirden meydana gelmektedir (Erkuş vd., 1995). Araştırma kapsamındaki üreticilere tarım dışı başka bir gelirlerinin olup olmadığı sorulmuş ve farklılık ki-kare analizi ile test edilmiştir. İTU kapsamında üretim yapan işletmelerin %51.4'ü, konvansiyonel üretim yapan işletmelerin ise %35.2'sinin tarım dışı geliri olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Eş deyişle tarım dışı gelir kaynaklarının varlığı üretim yöntemini seçmede etkili bir faktör olduğu söylenebilir ($\chi^2=5.147$; $p<0.05$).

Çizelge 6. Üretim yöntemine göre üreticilerin tarım dışı gelir kaynakları

Table 6. Nonagricultural income sources of the producers according to the production methods

Tarım dışı gelir kaynakları	İTU		Konvansiyonel	
	Sayı	%	Sayı	%
Tarım dışı geliri yok	51	48.6	68	64.8
Ücretli çalışanlar	32	30.5	23	21.9
Esnaf	15	14.3	9	8.6
Serbest meslek	7	6.7	5	4.8
Toplam	105	100.0	105	100.0

Tarım sigortaları, tarımsal üretimde aynı risklerle karşı karşıya bulunan üreticilerin ödeyecekleri primlerle oluşturulacak olan fon aracılığıyla zarara uğrayan üreticilerin zararlarını tazmin

etme amacına yönelik olarak oluşturulmuş özel bir sigorta uygulama şeklidir. Tarım sigortası ile üreticilerin uğrayacakları gelir kayıpları sigorta sistemine transfer edilerek bu kaybın önlenmesi hedeflenmiştir. Araştırma alanındaki incelenen işletmelerin tarım sigortası yaptırma durumları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Üretim yöntemine göre işletmelerin sigorta yaptırma durumları

Table 7. Assurance of the producers according to the production methods

Tarım sigortası yaptırma durumu	İTU		Konvansiyonel	
	Sayı	%	Sayı	%
Yaptıranlar	75	71.4	29	27.6
Yaptırmayanlar	30	28.6	76	72.4
Toplam	105	100.0	105	100.0

Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin %71.4'ü, konvansiyonel üretim yapan işletmelerin ise %27.6'sı tarım sigortası yaptırmaktadır. Tarım sigortası yaptırma ile üretim türü arasında istatistikî açıdan farklılık bulunmaktadır ($\chi^2=38.25$; $p<0.05$).

Örgütlenme; işbirliği, disiplin ve sorunları birlikte göğüsleme istek ve azmine sahip bir grup kişinin belirlenmiş bir hedefe ulaşmak için gerekli düzenlemeleri yapmak amacı ile belli kurallar çerçevesinde bir araya gelmeleri ile meydana getirilen bir sistemdir (Eraktan, 2001). Başka bir tanıma göre ise çiftçi örgütü; çiftçilerin çıkarları doğrultusunda faaliyet göstermek üzere, çiftçiler tarafından kurulan ve çiftçiler tarafından yönetilen örgütler olarak tanımlanmaktadır (Gül ve Köksal, 2004). Kırsal alanda yaşayan ve tarımsal üretim faaliyetinde bulunan üreticilerin; var olan üretim kaynaklarını daha etkin kullanabilmeleri, tarımsal girdileri uygun koşullarda temin edebilmeleri, modern tarım teknolojilerini uygulayabilmeleri, ürünlerini en iyi şekilde değerlendirerek pazarlayabilmeleri ve kamu hizmetlerinden daha etkin yararlanabilmeleri yeterince örgütlenmeleri ile mümkündür (Karlı, 2001).

Araştırma bölgesindeki çiftçi örgütleri incelendiğinde çiftçi örgütü olarak Ziraat Odası, Tarım Kredi Kooperatifi, Köy Kalkınma Kooperatifleri, Sulama Kooperatifi ve Birlikleri, Sebze Üreticileri Birliği ve Çeltik Üreticileri Birliğinin olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bölgesindeki üreticilerin üye oldukları tarımsal örgütler incelenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Üretim türlerine göre üye olunan tarımsal örgüt sayıları

Table 8. Number of the agricultural organizations according to the production methods

Üye olunan örgüt sayısı	İTU		Konvansiyonel	
	Sayı	%	Sayı	%
0	0	0.0	11	10.5
1	5	4.8	26	24.8
2	41	39.0	28	26.7
3	40	38.1	32	30.5
4	18	17.1	5	4.8
5	1	1.0	3	2.9
Toplam	105	100.0	105	100.0

Araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan işletmelerin %95.2'si iki ve üzeri bir tarımsal üretici örgütüne üye iken konvansiyonel üreticilerin %64.8'inin iki ve üzeri tarımsal üretici örgütüne üye oldukları tespit edilmiştir. İTU kapsamında üretim yapan işletmelerin örgütlenme oranlarının yüksek olması; İTU tekniğinin kayıtlı bir üretim şekli olmasından kaynaklanabilir. Özellikle araştırma bölgesindeki İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin sertifika belgeleri gibi prosedürleri bağlı oldukları üretici birlikleri kanalı ile temin etmeleri ve genelinin sözleşmeli tarım yapması ile açıklanabilir.

Üreticilerin bilgi kaynakları ve yenilikçilik durumları

Tarımsal üreticilerin bilgi kaynaklarının tespit edilmesi, üreticilerin üretim aşamalarında ve pazarlama kanallarında kullandıkları yöntemlerin ortaya çıkartılmasında önem kazanmaktadır. Diğer bir ifade ile üreticiler hangi tür bilgiyi hangi bilgi kaynağından ve nasıl elde ettiklerinin belirlenmesi üretimde bilimsel bilginin mi yoksa geleneksel bilginin mi kullanıldığı sorusunu cevaplaması açısından önem kazanmaktadır. Araştırma bölgesinde üreticilerin bilgi kaynakları olarak medya bilgi kaynakları, informal bilgi kaynakları ve formal bilgi kaynakları olarak üç kategoride incelenmiştir.

İyi Tarım Uygulamaları kapsamında üretim yapan üreticilerin %52.4'ü bilgi kaynağı olarak yazılı ve görsel basını kullanırken, konvansiyonel üretim yapan üreticilerin %66.7'si medya kaynaklarını bilgi kaynağı olarak kullanmaktadır. Yapılan ki-kare analizine göre bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($\chi^2=5.10$; $p=0.017$). Üreticilerin bilgi kaynakları informal

ve formal bilgi kaynakları olarak da incelenmiştir. Üreticilerin atalarından öğrendikleri bilgiler, aynı yerleşim alanındaki diğer üreticiler, akrabalar ve önder çiftçiler informal bilgi kaynakları olarak değerlendirilmiştir. İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin %56.2'si informal bilgi kaynaklarından yararlanırken; konvansiyonel üretim yapan üreticilerin %40'ı informal bilgi kaynaklarını kullanmaktadır ve bu farklılık istatistiki açıdan önemlidir ($\chi^2=6.138$; $p=0.010$). GTHB il ve ilçe müdürlüklerinin yayım servisleri, kitap ve dergi gibi bilimsel yayınlar, sertifikasyon kuruluşunun bilgilendirme toplantıları ve üretici birlikleri tarafından sağlanan her türlü bilgilendirme dokümanı formal bilgi kaynağı olarak kabul edilmiştir. Yapılan incelemede İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin %66.7'si formal bilgi kaynaklarına, konvansiyonel üreticilerin ise %37.1'i bilgi kaynağı olarak formal bilgi kaynaklarına başvurdukları tespit edilmiştir. Her iki üretim grubunun bilgi kaynakları birlikte değerlendirildiğinde, İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin bilgi kaynağı olarak formal kaynaklardan; konvansiyonel üreticilerin ise informal bilgi kaynaklarından yararlandığı söylenebilir. Benzer şekilde İTU kapsamında üretim yapan çiftçilerin bilgi kaynağı çeşitliliği daha fazladır denilebilir. Bilgi kaynakları kullanma düzeyi üzerinde eğitim seviyesi, yapılan uygulamalı eğitimler, yayım servislerinin çalışmaları ve örgütlenmenin etkili olduğu sonucu çıkartılabilir.

İleriye dönük yapılacak plan ve programlar için hedef kitlenin tutumunun ne olduğunu bilmek doğru sonuca gitme açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, araştırma bölgesindeki üreticilerin üretim yöntemleri ile ilgili geliştirilen yeni yöntemler, üretim biçimleri ve pazarlama tekniklerine karşı tutumlarını incelemek için yeniliklere bakış açıları sorgulanmıştır (Çizelge 9). Kendileri ile ilgili bir yenilik karşısında, İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin %50.5'inin hemen deneyeceğini, %41.9'unun ise çevrelerindeki diğer üreticilerin tutumlarına göre karar vereceklerini ifade etmişlerdir. Bu durum konvansiyonel üretim yapan tarım işletmeleri için değerlendirildiğinde; %23.8'inin hemen deneyeceğini, %62.9'unun ise çevrelerindeki diğer üreticilerin tutumlarına göre karar verecekleri şeklindedir. Diğer bir ifade ile üreticilerin yeniliklere karşı tutumları arasında istatistiki açıdan farklılıklar vardır ($\chi^2=14.803$; $p=0.001$).

Çizelge 9. Üretim yöntemlerine göre üreticilerin yeniliklere karşı tutumu

Table 9. Attitudes of the producers according to the production methods

Yeniliklere karşı tutum	İTU		Konvansiyonel	
	Sayı	%	Sayı	%
Hemen denemeye karar veririm	53	50.5	25	23.8
Köydeki diğer üreticilerin kabul etmesini beklerim	44	41.9	66	62.9
Herkes kabul ettikten sonra en son ben kabul ederim	8	7.6	14	13.3
Toplam	105	100	105	100

İyi tarım uygulamaları (İTU) ile üretim yapma nedenleri

Araştırma kapsamında iyi tarım uygulamaları kapsamında üretim yapan üreticilerin hangi amaçla bu sistemi seçtikleri araştırılmıştır. Buradaki amaç, üreticiyi İTU üretim sistemine yönelten olumlu faktörlerin tespit edilerek, bu faktörlerin diğer yayım programlarında öncelikle yer almasına vurgu yapmaktır. Araştırma kapsamında görüşülen İTU kapsamında üretim yapan tarım işletmelerinin İTU sistemini seçme nedenleri Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. İTU kapsamında üretim yapmada etkili olan faktörler

Table 10. Effective factors on producing within GAP

İyi tarım uygulamaları ile üretim yapma nedenleri	Oran (%)
Çevreye duyarlı bir üretim sistemi olduğu için	34.7
Ürün kaliteli ve sağlıklı oluyor	23.6
Destekleme ödemesi alabilmek için	22.7
Üretimin her aşamasında denetlendiği için	6.2
Daha fazla ürün elde ediyorum	5.8
İş sağlığı ve güvenliği açısından	3.6
Diğer	3.4
Toplam	100

Araştırma kapsamındaki üreticilerin çevre duyarlılıklarının ve sağlıklı ürün yetiştirme istekliliklerinin yüksek olduğu söylenebilir (%64.5). İTU'nun benimsenmesinde diğer önemli faktörler ise sırasıyla destekleme ödemesi alabilmek, daha fazla ürün elde edebilme ve iş güvenliği sayılabilir.

İTU kapsamında üretim yapmamada etkili olan faktörler

Araştırma bölgesindeki konvansiyonel üretim yapan tarım işletmelerinin hangi sebeplerden dolayı İTU sistemini benimsemedikleri ve bu sistem

kapsamında üretim yapmadıkları araştırılarak Çizelge 11'de sunulmuştur.

Çizelge 11. İTU kapsamında üretim yapmama nedenleri
Table 11. Reasons for not producing within GAP

Neden İTU standartlarına uygun üretim yapmıyorsunuz?	Oran (%)
İTU'nun gerekli olduğuna inanmadığım için	25.0
Konu hakkında bilgim yok	20.0
İTU kapsamında üretim yapmanın maliyeti fazla	15.0
ÇKS kaydı yok	14.4
Konvansiyonel tarımdan daha fazla ürün elde ediyorum	13.3
Yetersiz arazi	8.9
Parçalı arazi	3.4
Toplam	100

İTU kapsamında üretim yapmama nedenleri 3 kategoride incelenebilir.

i) Uygulamaya karşı geliştirilen olumsuz tutum ve yeterli bilgi sahibi olmama,

ii) Ekonomik nedenler ve

iii) yeterli üretim faktörlerine sahip olamama.

Bu ayırım İTU sisteminin yaygınlaştırılması kapsamında yapılacak yayım çalışmalarının planlanması açısından önem kazanmaktadır. Araştırma alanındaki konvansiyonel üreticilerin %25'i İTU'nun gerekli bir üretim sistemi olmadığına, konvansiyonel üretimden farklı bir sistem olmadığına inanmaktadırlar. Üreticilerin %20'sinin konu hakkında bilgisi olmadığı tespit edilmiştir. Bu gruptaki üreticilerin İTU konusunda eğitime ihtiyaçları olduğunu ortaya çıkartmaktadır. İkinci grupta yer alan üreticilerin %15'i İTU kapsamında üretim yapmanın daha maliyetli olması, %13.3'ü ise konvansiyonel üretimde daha fazla ürün elde ettiğini ifade etmişlerdir. İTU kapsamında üretilen ürünlerin fiyatları ile konvansiyonel ürünlerin satış fiyatları arasında farklılık olmaması, İTU ürünleri için bir pazar yapısının oluşmaması bu düşüncenin ortaya çıkmasındaki en büyük faktörlerdir. Üçüncü grupta yer alan üreticilerin oranı ise %26.7 civarındadır. İTU kapsamında üretim yapabilmek için ÇKS kaydı aranmaktadır. Mevcut arazilerin tapu intikallerinin yapılmamış olması, arazilerin ekonomik öneme haiz olmaması ve parçalı olması bu gruptaki en büyük sorunlar olduğu söylenebilir.

İyi tarım uygulamalarına ilişkin beklentiler

Araştırma kapsamındaki üreticilerin iyi tarım uygulamalarının gelecek yıllardaki beklentileri, bu tarım sisteminin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır. Günümüzün temel problemi olan aşırı gübre kullanımı ve kontrolsüz üretim bu tür yenilikçi uygulamalarla ortadan kaldırılabilir, üreticilerin bilinç düzeyleri artırılabilir ve sürdürülebilir bir tarımsal üretime geçilebilir. Araştırma bölgesinde yaptığımız çalışmalarda İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin belli bir seviyede bilinç düzeylerinin yükseldiği gözlemlenmiştir. İTU kapsamında üretim yapan üreticilerin %63.5'inin bu üretim yönetimini seçmesi ile geçmiş yıllara göre kimyasal gübre kullanım miktarlarının azaldığını ortaya koymuştur. Aynı şekilde, İTU'den sonra üreticilerin %44'ü kullanılan ilaç miktarının azaldığını ifade etmişlerdir. İyi tarım uygulamalarının toprak kalitesine olumlu bir etki yaptığını ifade edenlerin oranı %88.6'dır. Aşırı gübre kullanımının ve gereğinden fazla kimyasal ilaç kullanımının azalması ile su kaynaklarının kirlenmesinin önlendiğini ifade eden üreticilerin oranı ise %97.5'tir. Bununla birlikte, İTU kapsamında üretim yapan üreticiler, ürünlerde kalıntı olmaması (%84.6) ve yetiştirilen ürünlere güven duygusu ve prestij sağlaması nedeniyle tercih edildiklerini ifade etmektedirler.

İTU kapsamında üretim yapan üreticiler bu tarım sisteminde üretimlerini devam ettirebilmeleri ve bu sistemin daha fazla üretici tarafından benimsenmesi için destekleme miktarlarının artırılması, eğitim ve yayım çalışmalarının artırılması, İTU ürünlerine özel pazar oluşturulması gerektiğini ifade etmektedirler.

SONUÇLAR

İyi Tarım Uygulamaları (İTU), tarımsal ürünlerin tarladan sofraya kadar ki süreçte kayıt altına alınması, denetlenmesi ve kontrol edilmesini takip eden bir kalite kontrol sistemidir. Günümüz dünyasında özellikle gelişmiş ülkelerde gelir arttıkça tüketicilerin zevk ve tercihleri de değişmektedir. Artık tüketiciler aldıkları tarım ve gıda ürünlerinin nasıl yetiştirildiğini, güvenilir olup olmadığını ve sürdürülebilir tarım esasları çerçevesinde yetiştirilmiş olmasını sorgulamaktadırlar. Bu durum tüketicilere bu güvenceyi verecek sertifikasyon kuruluşlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu tür kuruluşlar belli kurallar çerçevesinde üretilen

ve sertifika almaya hak kazanan ürünlerin güvenilir olduğunu gösteren belgeler vermektedirler. Dolayısı ile bu tür sertifikalı ürünler diğer ürünlere göre önemli avantajlar sağlamaktadırlar.

Bir tarım ülkesi olan Türkiye, yıllık ihracatının önemli bir bölümünü tarımsal ve gıda ürünleri oluşturmaktadır. En fazla ihracat yaptığımız ülkelerin başında AB ülkeleri gelmektedir. AB ülkeleri ise diğer ülkelerden ithal ettikleri tarım ve gıda ürünlerinde GlobalGAP sertifikası aramaktadırlar. Bu sebeple iyi tarım uygulamaları ülkemiz için önemli bir üretim sistemi olarak düşünülmelidir. Ülke içerisinde İTU standartlarında üretim yapan tarım işletmelerinin sayısının artırılması ile önemli ihracat rakamlarına ulaşmak mümkün olabilecektir.

Samsun ilindeki İTU ile üretim yapan tarım işletmelerinin sayısı yıllara göre artmakla birlikte hala çözülemeyen sorunları da bulunmaktadır. Bu sorunların başında İTU sertifikalı ürünler için bir pazar oluşturulamaması ve konvansiyonel ürünler ile satış fiyatı arasında farklılık olmaması gösterilebilir. Dünya genelinde yapılan birçok çalışmada İTU ile üretim yapmanın maliyetlerinin konvansiyonel üretime göre daha maliyetli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple İTU kapsamında üretimde sözleşmeli üretim modeli teşvik edilmeli, üreticilerin tarımsal üretici birliklerine katılımlarının artırılması için teşvik edilmeleri önerilebilir. Sözleşmeli üretimde üretici birliği aracılığı ile kurumsal bir yapı kazandırılabilir.

İyi tarım uygulamalarının yayılmasının artırılması için üreticilere yerinde uygulamalarla eğitimler verilmeli, konusunda uzman teknik personelin sözleşmeli tarımsal danışmanlık kapsamında üreticilere yayım hizmetini sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Akdamar M (2004). Dünyada iyi tarım uygulamaları ve gerekçeleri. Türk Tarım Dergisi, 157: 38-39.

Anonim (2015). Tarım ve Orman Bakanlığı Samsun İl Müdürlüğü istatistikleri. https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Tarimsal_strateji/samsun_tar_ve_yat_icin_uygun_sektor_alanlar.pdf Erişim tarihi: 26.09.2015.

Aydoğan M (2012). Samsun ilinde organik ve konvansiyonel fındık yetiştiricilerinin gübre kullanımı konusundaki bilgi kaynaklarının SNA ile karşılaştırılması. TEPGE Yayın No: 207, ISBN: 978-605-4672-06-6.

Demiryürek K (2010). Organik tarımın Dünya ve Türkiye'deki durumu. Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi, Poster, Şanlıurfa.

Eraktan G (2001). Tarım politikası temelleri ve Türkiye’de tarımsal destekleme politikası. Uzel Yayınları, İstanbul.

Erkuş A, Bülbül M, Kırıl T, Açıl AF, Demirci R (1995). Tarım ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:5, s. 298, Ankara.

FAO (2002). Good agricultural practices. [http://www.fao.org/ag/magazine/GAP-V2-June02.pdf, Erişim Tarihi: 24.09.2014.

Galdos AEBL (2004). Implementation of EUREPGAP standards in the agro – export sector of Peru: A case study. Master thesis, InstiTUte of Agricultural Economics, University of Göttingen.

GTHB (2014a). İyi tarım uygulamaları istatistikleri, İTÜ Değişim Oranları. http://www.tarim.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamalari/Istatistikler, Erişim Tarihi: 25.09.2014.

GTHB (2014b). İyi Tarım Uygulamaları İstatistikleri, En Fazla Üretimi Yapılan Ürünler. http://www.tarim.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Iyi-Tarim-Uygulamalari/Istatistikler, Erişim Tarihi: 25.09.2014.

Gül U, Köksal Ö (2004). Çiftçi örgütlerinde yayım eğitimi. TEAE-Bakış Dergisi, 5(4), Nisan.

Jacobson SK, Sieving KE, Jones GA, Van Doorn A (2003). Assessment of farmer attitudes and behavioral intentions toward bird conservation on organic and conventional

Florida farms. Conservation Biology, 17(2): 595-606.

Karlı B (2001). Kooperatifçilik ve diğer örgütlenme modellerine ilişkin genel çerçeve. GAP Bölgesi kırsal kalkınmasında kooperatifçilik ve diğer örgütlenme modelleri (Atölye Çalışması 26-27 Aralık 2001), GAP-BKİ Türkiye Kooperatifleri, s.12, Ankara.

Olhan E (1997). Türkiye’de bitkisel üretimde girdi kullanımının yarattığı çevre sorunları ve organik tarım: Manisa Örneği, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara, s. 190.


Padel S (2008). Values of organic producers converting at different times: results of a focus group study in five European countries. Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology, 7: 63-67.

Resmi Gazete (2010). İyi Tarım Uygulamaları Hakkında Yönetmelik. 07.12.2010 tarih ve 27778 sayılı Resmi Gazete.

Serin V (2009). Effects of formal education and training on farmers’ income. European Journal of Social Sciences, 7(3).

Zhou Y (2010). Factors affecting farmer’s decisions on fertilizer use: A case study for the Chaobai watershed in Northern China. The Journal of Sustainable Development, 4(1), 80–102.

Çukurova Koşullarında Tarımsal İşletme Çatılarında Fotovoltaik Sistemlerin Tekno-Ekonomik Yönden Tasarımı

Mehmet Emin BİLGİLİ^{1,*} 

Adil AKYÜZ² 

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Adana

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Zir. Fak. Biyosistem Mühendisliği Bölümü

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): eminbilgili@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI : 10.21657/topraksu.654810

Öz

Bu çalışmada, Çukurova'daki bazı tarımsal işletmelerin genelde atıl durumda olan çatı kısımlarının fotovoltaik ile faydalı hale getirilmesi suretiyle işletmelerin refah düzeyinin ve ekonomiye katkısının artırılması planlanmıştır.

Çalışmada, günlük tüketimi 150 kWh olan bir işletme için 333 m²'lik bir çatının üzerine 50 kWh'lık fotovoltaik sistem kurulması tasarlanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, sistemin kayıpları %28 ve ekonomik ömrü 20 yıl olarak kabul edilerek, elde edilen enerjinin akümülatörlerde depolanabilir ve depolanamaz olma durumu incelenmiştir. Depolanabilir durumda olursa %46 şebekeden ve %54 fotovoltaikten beslenebileceği; eğer depolanamaz ise %36 fotovoltaikten ve %64 şebekeden besleneceği hesaplanmıştır. Sistem ekonomik yönden irdelenmiş, yıllık banka faiz oranının %10 olduğu ve yıllık enflasyon %7 düzeyinde iken kâra geçiş noktasının 7. yıldan sonra başladığı hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler : Çukurova, fotovoltaik, tarımsal işletmelerde çatı, tekno-ekonomik

Techno-Economic Design of Photovoltaic Systems in Agricultural Enterprises in Cukurova Conditions

Abstract

In this study, it was planned to increase the welfare level of the enterprises and the contribution of them to economy by rendering the idle roofs of agricultural enterprises with photovoltaics in Çukurova Region of Turkey.

In the study, a 50 kWh photovoltaic system was designed on a 333 m² roof for an enterprise with a consumption of 150 kWh.days. According to calculations, the losses of the system are assumed to be 28% and the economic life is assumed to be 20 years, and also the energy storable and non-storable conditions of the accumulators has been examined. It is calculated that, it can be fed 46% from the grid and 54% from photovoltaic if energy is storable, thus if energy is not storable it can be fed 36% from photovoltaic and 64% from the grid. The system has been examined from the economic point of view and it was calculated that the profit point will begin after 7 years when annual bank interest rate is at 10% and the inflation point is at 7%.

Keywords: Çukurova, photovoltaic, roof in agricultural enterprises, techno-economic

* TAGEM/TSKAD/15/A13/P08/04 Nolu projeden üretilmiştir.

GİRİŞ

Günümüzde nüfus ve sanayileşmenin artış oranı ile birlikte elektrik enerjisine olan talepte her geçen gün artmaktadır. Türkiye’de enerji ihtiyacının 3/4’ünün dışa bağımlı olması, yeni alternatifleri gündeme getirmiştir. Özellikle alternatif enerji kaynaklarından olan yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) açısından kontrol edilebilir nitelikte ve çözümler üretilebilir olması, bu nedenle önem arz etmektedir.

YEK arasında yer alan güneş enerjisi, temiz, tükenmez ve kullanımının kolay olması açısından daha cazip hale getirdiğini belirtmektedir (Karafil vd., 2016).

Dünyanın küresel (geotik) şeklienden kaynaklı güneş ışınlarının geliş açısı farklılık gösterir. Buna bağlı olarak fotovoltai (PV) güneş enerjisi panel tasarımı planlanan bir yerin bulunduğu koordinatların yıllık güneşlenme değerleri, PV’den elde edilecek enerjiyi doğrudan etkilediğini ifade etmektedir (Thomas ve Fordham 2001).

Güneş hücresi, PV sistemlerde güneş ışığını doğrudan doğru gerilime (DC) dönüştüren en küçük birimdir. Güneş hücreleri seri ve/veya paralel bağlanarak PV modülünü oluşturur. Birleştirme ile de istenilen akım, gerilim ve güç değerleri elde edilebildiğini vurgulamışlardır (Almaktar vd., 2012; Turhan ve Çetiner 2012).

PV paneli, panel yapısındaki yarı iletken malzemeye bağlı olarak güneş enerjisini %6-20 verimle elektrik enerjisine dönüştürür. Düşük verimliliğe etki eden birçok faktör yer almaktadır. Bunlar; panel eğim açısı, gölgelenme, tozlanma, güneş ışınım şiddeti, sıcaklık ve diğer kayıplar olarak gösterilmektedir (Irwanto vd., 2014; Bhol vd., 2015).

Bu faktörler arasında “güneş ışınım şiddeti” ve “sıcaklık” panel verimine etki eden en önemli iki parametredir. Gün boyunca ışınım şiddeti ve sıcaklık değişmesi panel verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Fakat PV panel üretici firmaları kataloglarında laboratuvar ortamlarında gerçekleştirdikleri testler sonucu “Standart Test Koşulları” (STC) olarak adlandırılan 1 000 W.m² güneş ışınım şiddeti, 25°C hücre sıcaklığı ve hava kütle oranı (AirMass-A.M) 1.5 şartlarındaki panelin elektriksel değerlerini vermektedirler. STC dışındaki değişimlerde PV’in elektriksel değerleri bilinmemektedir. Değişen atmosferik şartlarda

da PV panelin elektriksel değerlerinin bilinmesi önemlidir. Şebekeden bağımsız ve/veya bağlı sistemlerin tasarımında değişen atmosferik şartlar göz önünde bulundurularak hesaplamaların yapılmasının daha doğru sonuçlar vereceği belirtilmiştir (Karafil 2016; Islam vd., 2014; Besli vd., 2010).

PV’lerin tekno-ekonomik ömürleri 20-30 yıl gibi kabul görülmekte ve finansal analizlerde buna göre hesaplanmaktadır. Ömürleri boyunca tesisin verimliliğindeki küçük değişiklikler kümülatif olarak zaman içindeki etkisi üst düzeylere ulaşmaktadır.

Deniz (2013) yapmış olduğu bir çalışmada, PV verimliliğini üretilen enerjideki kayıpların belirlediği, PV kayıpları kullanılan malzeme, işçilik, çevresel koşullar, tasarım ve daha birçok faktöre bağlı olup bu nedenle uygulamacılar ve yatırımcılar tarafından detaylı analiz edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Türkiye, Güneş enerjisi konusunda şanslıdır. Elektrik üreten PV güneş panellerin sadece ev, işyeri çatıları ile geniş çatı alanına sahip fabrika gibi yerler dışında tarımsal işletme çatılarında da yılda milyarlarca kWh elektrik enerjisi üretilebilir. Türkiye’nin elektrik tüketimi dikkate alındığında bu miktarın önemli olduğunu vurgulamıştır (Türe 2008). Buna bağlı olarak, gelecekte elektrik üretimi için herhangi bir yakıt bedel ödenmeyecek ayrıca çevre kirliliği açısından karbondioksit (CO₂) emisyonu düşecektir. Böylece çatıların II. görevi olarak enerji üreten ve daha faydalı hale getirilecektir.

Genel ifade ile çatı, işletmelerde barınağın temel unsuru olmanın yanısıra, doğa koşullarından korumayı sağlaması ayrıca, mekânın tanımlanmasında önemli bir rol alır. Bu çalışma ile PV panellerin yerleştirilmesi için uygun olan, çatıları tanımlamak için bir iş akışı planlanmıştır. Buna göre, değerlendirme kriterleri, çatı tipi, çatı eğimi, çatı alanı, diğer kullanılmayan alanlar, yükseklikleri (gölgelemeye etkili olanlar), gölgelendirme etkileri gibi parametreler dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada, Çukurova’daki bazı tarımsal işletmelerin genelde atıl durumda olan çatılarının PV ile faydalı hale getirilmesi suretiyle, işletmelerin refah düzeyinin yükseltilmesi ve ekonomiye katkısının artırılması incelenmiştir. Bu araştırmanın sonuçları ile PV’in çatıdaki kullanılabilirliği ve

tasarımı açıklanmıştır. Ayrıca konu çalışanlarına faydalı olması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Çukurova'daki bazı tarımsal işletmelerin genelde atıl durumda olan çatı kısımlarının PV uygulaması ve "teknolojik-ekonomik tasarım" ile faydalı hale getirilmesi suretiyle işletmelerin refah düzeyinin ve ekonomiye katkısının artırılması planlanmıştır. Örnek çalışma için seçilen işletmede, enerji tüketimi

150 kWh gün⁻¹ olan bu amaçla kullanılabilir "tam güneşe bakan" 333 M²'lik çatı alanı üzerine 50 kWh kapasiteli bir PV sistemi planlanmıştır. Çalışmada üç farklı materyal değerlendirilmiştir; birincisi PV sistemin teknik yapısı, ikincisi sistemin ekonomisi ve üçüncüsü tasarım aşamasıdır.

"Teknolojik-ekonomik tasarım" başlığı altında şu amaçlar hedeflenmiştir: Çatılarda PV tasarımı, mevcut koşullar ve teknolojik çatı tasarımını gerçekleştirmek, yeni yaklaşımlar ile mevcut durum arasındaki fark, yeni tasarım kararları, tasarımda karar vericilerin enerji korunumu açısından rolü.

PV sistemin teknik yapısı

PV için enerji kaynağı olarak güneş radyasyonu kullanılmıştır. Dünyaya atmosferden erişen Güneş ışınımı miktarı "güneş radyasyonu" olarak adlandırılır. Bu güneş radyasyon miktarı 1 367 kWh m⁻² sabit değeridir ve yıl içerisinde Dünya'nın eliptik şekli nedeniyle ±%3.3 oranında değişim gösterebilmektedir (Anonim 2017b).

Güneş radyasyonunun Dünya yüzeyine ulaştığı iki farklı yol vardır: doğrudan radyasyon ve yaygın

radyasyon. Güneş ışınlarının yaklaşık %75'i küresel güneş ışınımı olarak Dünya yüzeyine ulaşır. Bu değer, güneş ışınlarına dikey bir yüzey üzerinde yılda metrekaşe başına kilowatt saat [kWh.m⁻². yıl⁻¹] olarak belirtilir. Almanya ve Orta Avrupa için, küresel güneş radyasyonu ortalama değeri, yaz ortasında 900 ila 1 200 kWh.m⁻².yıl⁻¹ civarındadır. Çölde (Sahra) ortalama değer 2 500 kWh m⁻². yıl⁻¹'dir. Güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) verilerine göre Adana ili yıllık güneş radyasyon değerleri Şekil 1.'de verilmiştir (Anonim 2017a).

PV sistemin enerji üretimi ve hesabı

Hesaplamalar PC ortamında excel ile oluşturulan modüller ile Eşitlik 2.1 esas alınarak hesaplanmıştır:

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR \quad (2.1)$$

Toplam sistem gücü = r . A (verim * alan),

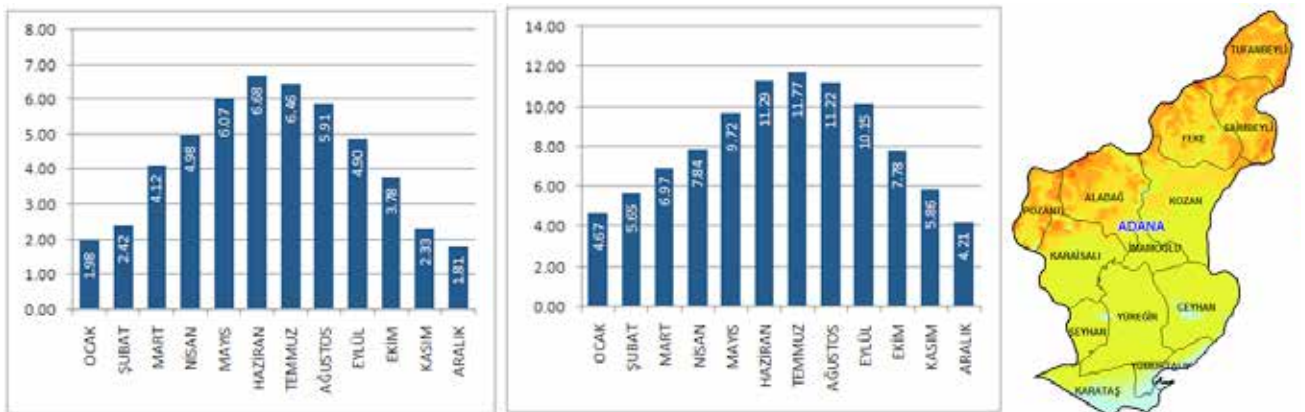
Burada; E = Enerji (kWh), A = Toplam solar panel alanı (m²), r = solar panel verimi (%), H = Eğimli panelde yıllık ortalama güneş radyasyonu (ışınımı) (Gölgelendirmeler dahil değildir), PR = Performans oranı, kayıplar için katsayı (0.9- 0.5 arasında, varsayılan = 0.75 dir)

Çalışmada dikkate alınan kayıplar Çizelge 1'de verilmiştir. Bu değerler; sistem ölçüleri, teknolojisi ve bölgeye göre değişiklik gösterir:

$$TOPK=(1-İK)(1-SK)(1-DCK).(1-ACK).(1-GK).(1-ZİK).(1-TK).(1-DK) \quad (2.2)$$

Toplam kayıplar Eşitlik 2.2 ile hesaplanmıştır.

Çalışmada, değerlendirilmeye alınan işletmenin çatısında tam güney yönünde olan ve faydalanılabilen PV amaçlı 333 m²'lik çatı üzerine 50 kWh'lık PV sistem kurulması tasarlanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, sistemin kayıpları



Şekil 1. Adana ili yıllık güneş radyasyon değerleri (GEPA 2017)

Figure 1. Annual solar radiation values in Adana province (GEPA 2017)

Cizelge 1. PV Sistem enerji kayıp miktarları
Table 1. PV System energy loss amounts

Enerji kayıp noktaları	%
Invertör kayıpları (IK)	6-15
Sıcaklık kayıpları (SK)	5-15
DC kablo kayıpları (DCK)	1-3
AC kablo kayıpları (ACK)	1-3
Gölgeleme kayıpları (GK) (bölgeye göre değişir)	0-40
Zayıf ışın kayıpları (ZIK)	3-7
Toz, kar vs. kayıpları (TK)	2
Diğer kayıplar (DK)	0-10
Toplam Kayıplar (TOPK)	28

%28 ve ekonomik ömrü 20 yıl olarak kabul edilerek, elde edilen enerjinin akümülatörlerde depolanabilir ve depolanamaz olma durumu hesaplanmıştır. Depolanabilir durumda olursa şebekeden ve PV'den beslenebileceği; eğer depolanamaz ise PV'den ve şebekeden besleneceği durumu hesaplanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan ekonomik değerlendirme yöntemi

PV Sistem ekonomik yönden irdelenmiş, hesaplamalar PC ortamında excel ile oluşturulan modüller ile yapılmıştır. Yıllık banka faiz oranının %10 olduğu ve yıllık enflasyon %7 düzeyinde iken kâra geçiş noktasının kaçınıcı yıldan sonra başladığı hesaplanmıştır. Bu durum, yatırımın 7. yıl sonuna kadar geri ödenebildiğini gösteriyor.

Geri ödeme süresi yöntemi

Geri ödeme süresi, yatırımda sarf edilen tüm paranın geri alınması için geçen süredir. Yani yatırım maliyetinin yıllık tasarrufa oranıdır. Eşitlik 2.3 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Geri ödeme süresi (Yıl)} = \frac{\text{Yatırım Tutarı-Hurda değeri}}{\text{Yıllık Kar+Amortisman}} \quad (2.3)$$

Net bugünkü değer yöntemi (NBD)

Net bugünkü değer, bir projenin, gelecekteki nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değerleri arasındaki farkın toplamı olarak ifade edilir. Bu değer Eşitlik 2.4 ile hesaplanmıştır:

$$\text{N.B.D.} = \frac{R1}{(1+i)^1} + \frac{R2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Rn}{(1+i)^n} - C \quad (2.4)$$

Burada; NBD=Net Bugünkü Değer, R1, R2, Rn=Net Nakit Girişleri, i=Marjinal Sermaye Maliyeti (İskonto Oranı), C=Yatırım Harcaması, n=Yatırımın Ekonomik Ömrü.

Buna göre üç alternatif irdelenir, net bugünkü değer pozitif (NBD>0) ise yatırım yapılır, bu değer negatif (NBD<0) ise yatırım yapılmaz. Üçüncü durumda, bu değer sıfıra eşit (NBD=0) ise yatırımın diğer üstünlükleri ya da zorunluluklarına göre yatırımcı yatırım kararı verir.

İç verim oranı yöntemi

NBD yöntemi gibi paranın zaman değerini ve projenin tüm ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişlerini dikkate alır.

İndirgeme oranının (iskonto oranının) hesap yöntemi

İndirgeme oranı, NBD'in düzeyini belirlemektedir. İndirgeme oranı, projeye bağlanan kaynakların zaman içindeki gerçek değerini gösteren orandır. Bu kaynakların, projede kullanılmayıp da başka bir alanda kullanılmaları halinde, sağlayabileceği minimum fayda oranıdır, yani fırsat maliyetidir. Dolayısıyla, indirgeme oranı, bir bakıma, paranın zaman içindeki gerçek değerini yansıtmaktadır. Hesaplanması, şu temel yöntemle yapılmıştır. Öz kaynak dahil olmak üzere tüm kullanılan dış kaynakların (kredilerin) fiili faiz oranları ile beklenen enflasyon (fiyat artış oranı) arasında bağlantı kurulur ve bir anlamda, paranın zamana karşı, ortalama yıpranma oranı Eşitlik 2.5 ile hesaplanır:

$$i = [(1+k)/(1+II)] - 1 \quad (2.5)$$

Burada; i=indirgeme oranı, k= nominal indirgeme oranı (cari faiz oranları),

II = beklenen enflasyon oranını gösterir.

Çalışmada finansal hesaplamada kullanılan diğer parametreler 2.6 ile 2.9 nolu eşitliklerden faydalanılmıştır.

$$\text{Brüt kâr} = \text{Gelirler} - \text{İlk yatırım gideri} - \text{İşletme gideri} - \text{Faizler} - \text{Amortismanlar} \quad (2.6)$$

$$\text{Kurumlar vergisi} = \text{Brüt Kâr} \times \text{Vergi oranı} (\%20) \quad (2.7)$$

$$\text{Net kâr} =$$

$$\text{Brüt Kâr} - \text{Kurumlar vergisi} \quad (2.8)$$

$$\text{Net Nakit Akımı} =$$

$$\text{Net Kâr} + \text{Amortismanlar} -$$

$$\text{İlk Yatırım Gideri} \quad (2.9)$$

PV güneş panellerin çatıya tasarımı

PV güneş panelleri çatı üzerine doğrudan konulabileceği gibi çatı malzemesi olarak da

kullanılabilmektedir. Dolayısıyla çatıdan elektrik enerjisi üretilebilir aynı zamanda kaplama fonksiyonunu da yerine getirebilecektir. Bu durum uzun vadede daha ekonomik olacaktır. Bu tip PV güneş sistemlerinin avantajları şöyle sıralanabilir; Çatı kaplama malzemelerinde fiyatların azalması, Çatı mimarisinin temiz ve fark edilir olması, Bakım ve onarım giderlerinin düşük olması (20 yıldan fazla dayanıklılık), Tüketilen elektrik enerjisi faturasına faydası, Düzenli ve sabit voltaj ile elektronik cihazların bozulmalarına önlem, Elektrik enerjisi kesintilerine alternatif çözüm, Çevre koruma ve sosyal sorumluluk çerçevesinde emisyonları azaltma, Bazı yerlerde ısı yalıtımına katkı sağlaması.

PV panelleri Şekil 2'de gösterildiği gibi çatıya montajı tasarlanmıştır.

PV güneş enerjisi sistemleri geneli elektronik parçalardan oluşmakta olduğundan, ayrıca hareketli yani oynar parça bulunmaması nedeniyle tesisattan 30–40 yıl gibi oldukça uzun süre faydalanılabilir. Uzaya gönderilen uydularda bulunan bu sistemler 1960'lı yıllarından beri hala çalışmaya devam etmektedir. Üretici firmaların bazıları PV güneş panelleri için ekonomik ve verimlilik açısından 20 yıl garanti ömrü vermekteler.

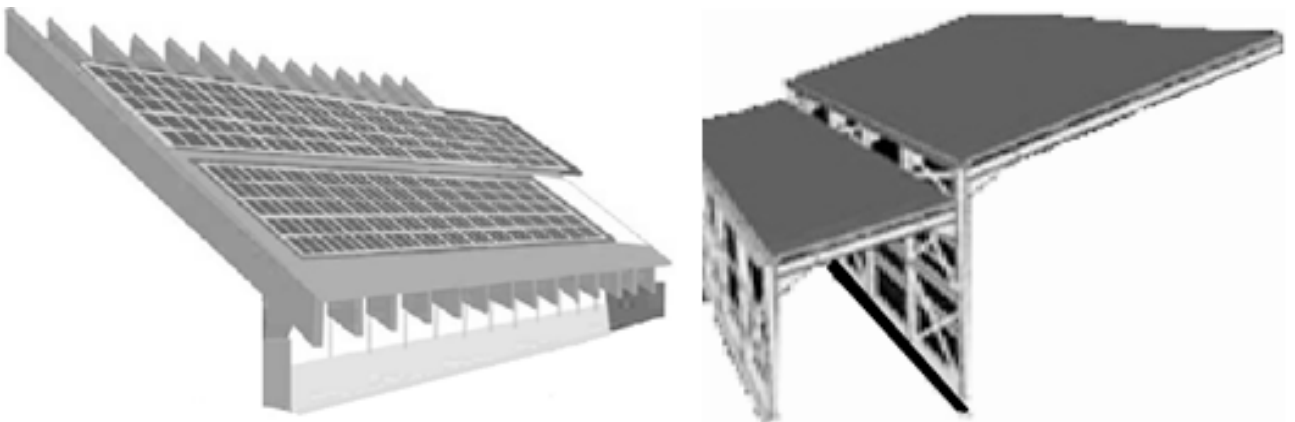
PV güneş panellerinden elektrik enerjisi elde etmek amacıyla, genellikle mevcut bina çatılarına, çatı malzemesi üzerine yerleştirilmektedir. Bunun dışında, geliştirilen ileri teknoloji PV güneş panelleri, günümüzde çatı kaplaması yerine ikame etmektedir. Bu teknoloji çatı kaplama malzemeleri ile elektrik üretebilmekte ayrıca çatının sağlam bir şekilde hava şartlarına karşı

korunumu sağlamaktadır. Ekonomik olarak 40–50 yıl ömürlü bu malzemeler ile yatırımcıların enerji ihtiyacı ekonomik ve sürdürülebilir olarak karşılanabileceği belirtilmektedir (Türe, 2008). PV panellerinin çatıya yerleştirilmesinde; çatıda herhangi bir çalışma için panel yanlarından en az bir kişilik yürüme alanları tasarlanmalıdır. Çatıya monte edilen panellerin çatı altındaki yapıya ısı iletmemesi için panel ile çatı malzemesi arasında hava akımı için gerekli boşluk bırakılmalıdır. Gerekliğinde ısı yalıtımı sağlanmalıdır.

Gelişmiş teknoloji ile üretilen bu tip yapı elemanlarının olumsuz risklerden; yıldırım düşmeleri, elektrik kaçakları ve yangına karşı önlemler alınmaz ve gereken güvenlik kuralları gerektiği gibi uygulanmaz ise sürdürülebilir yapıların sağladıkları tüm avantajlara rağmen yarattıkları tehlike artabilir. Beklenilmeyen tehlikelere karşı önlem alınırsa yeni tasarımlar daha güvenli olacaktır. Topraklama, kablo muhafaza, paratoner, yangın riski ve iş sağlığı-güvenliği vb. tedbirlerinin uygun olarak yapılmalıdır.

Çatı formunun oluşturulmasında etkili etmenler; doğal, yapma, teknolojik, ekonomik, sosyo-kültürel ve hukuksal çevre etmenleri etkili olur. İmarlı yerlerde, ilgili yönetmeliklerde belirtilen ölçüde çatı konstrüksiyon uygulanır. Çatı üstü kullanılmayacak ise eğimli olarak yapılır. Bu eğim iklime, örtü gerecinin cinsine ve çatı arasından yararlanma durumlarına göre tespit edilmektedir.

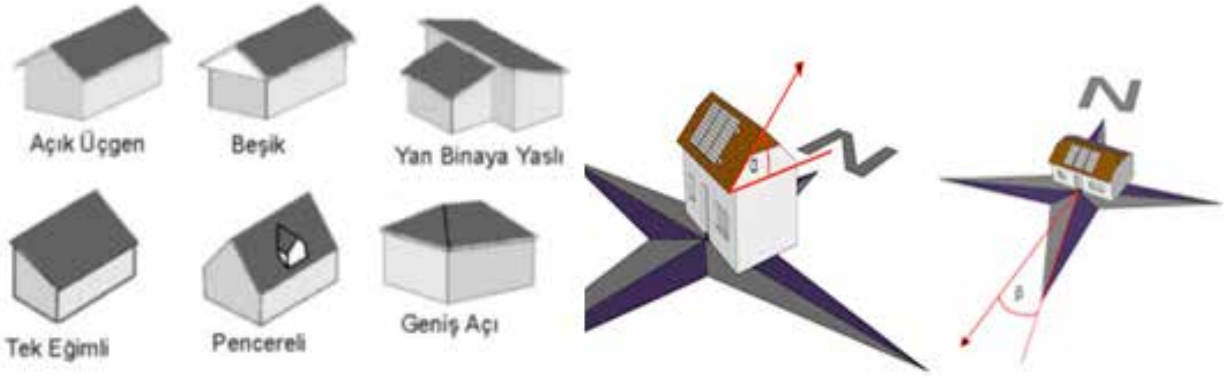
Çatı eğimleri 3 şekilde ifade edilir, açı (°), oran ve yüzde (%) cinsinden ifade edilebileceğini belirtmektedir (Mutlu, 2010).



a) Çatı malzemesi olarak PV entegreli çatı b) Çatı malzemesi üstüne PV monteli çatı
a) Roof with PV integrated roofing material b) PV-mounted roof on top of roofing material

Şekil 2. PV'lerin çatıya montaj edilmesi (a-b) için tasarımın genel görünümü.

Figure 2. Overview of the design for the installation of PVs on the roof (a-b).



Şekil 3. Yörede yaygın olan çatı tipleri ve eğim ile yöney görünümü
Figure 3. The type of roofs which are common in the region

Eğim derecelerine göre çatılar şu şekilde sınıflandırılırlar: Düz çatılar: eğimi %5'ten az olan çatılar, Az eğimli çatılar: eğimi %5'ten %22'ye kadar olan çatılar, Eğimli çatılar: eğimi %22'den %45'e kadar olan çatılar, Çok eğimli çatılar: eğimi %45'ten fazla olan çatılar, Değişken eğimli çatılar: kubbe, tonoz ve kabuk gibi yüzeylerin eğimleri 0-90° arasında değişen çatılardır. PV -Çatı tasarımında, çatı eğimi ve PV eğimi oryantasyonu ile çatının tam güneşe bakan yüzeyinin alanı bu tip çalışmalar için çok önemlidir. Yörede yaygın olan çatı tipleri ve eğim ile yöney Şekil 3'te verilmiştir.

Çalışmada, Meteoroloji il Müdürlüğü'nden alınan uzun yıllık iklim verilerine göre, bölge; sıcak-nemli olarak kabul görmekte. Ayrıca rüzgâr yükü, güneş radyasyonu rüzgâr yönü, yağış miktarı ve kapalı gün sayısı gibi değerler kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen bulgulara göre; çatı tip PV için finansal model durumu incelenmiş (Çizelge 2'de), sistemin girdileri ve çıktıları hesaplanmıştır.

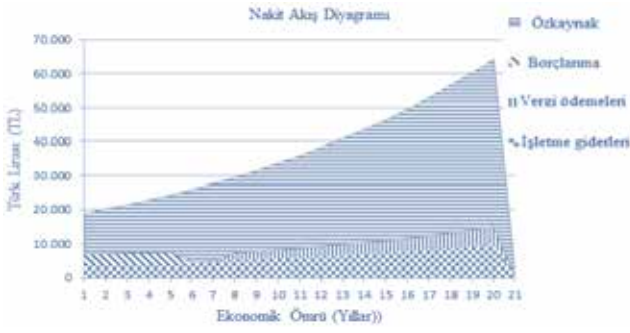
Ayrıca ekonomik boyutu hesaplanmıştır. 50 kWp gücündeki tesisin kendisini 7 yıl içinde finanse edebildiği ve proje iç verim oranı %18.4 olarak hesaplanmıştır.

Nakit akış diyagramı incelendiğinde (Şekil 4.) özkaynak, borçlanma, vergi ödeme ve işletme giderleri sistemin ekonomik ömrüne göre değerlendirilmiştir. Sistem ekonomik yönden irdelenmiş, yıllık banka faiz oranının %10 ve enflasyon %7 düzeyinde iken kâra geçiş noktasının 7. yıldan sonra başladığı hesaplanmıştır. Sistemin ekonomik ömrüne bağlı olarak nakit geri ödeme

diyagramı (Şekil 5) incelendiğinde, ekonomik ömrünün 7.yılda ödemeyi tamamladığı ve kâra geçtiği hesaplanmıştır.

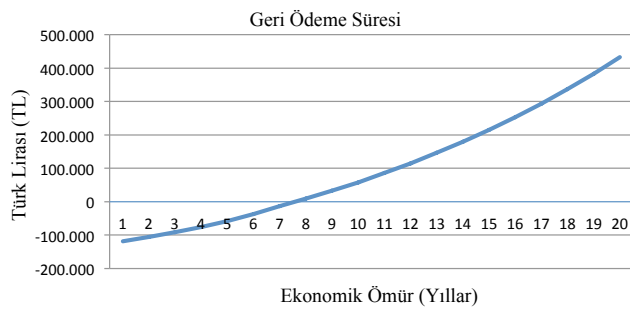
Çizelge 2. PV Sistem enerji kayıp miktarları
Table 2. PV System energy loss amounts

Çıktılar		
Toplam kapasite	50	kWp
Yıllık güneşlenme	1 300	kWh.m ⁻²
Performans oranı (%)	83	
Yıllık indirgeme (%)	0.3	
Yıllık Üretim (İlk yıl)	53 950	kWh
Kendi kullanım yüzdesi (%)	100	
Gelir ve oranları		
Müşteriye satış tarifesi	0.35	TL.kWh ⁻¹
Tarife ile beslenme	0.25	TL.kWh ⁻¹
Vergi oranı (%)	10	
Enflasyon oranı (%)	7	Her yıl için
Yatırım ve kurulum		
Anahtar teslim	2 500	TL.kWp ⁻¹
Proje geliştirme	5 000	TL
Diğer başlangıç masrafları	500	TL
Giderler		
Bakım (ilk yıl)	25	TL.kWp ⁻¹ Yıllık ⁻¹
Parça değişimi (İlk yıl)	100	TL.Yıllık
Çatı kiralama	999	TL. Yıllık ⁻¹
Sigorta primi (%)	0.8	İlk yatırımdan
Finans yapısı		
Toplam Yatırım	130 500	TL
Bankadan alınan nakit faizi (%)	10	
Toplam borç	13 050	TL
Borç maliyeti (%)	10	
Vade	5	Yıl
Özkaynak (%)	90	
Toplam Özsermaye	117 450	TL
Oranlar		
Proje iç verim oranı (%)	18.4	
Yatırımın geri dönüşü	7	Yıl



Şekil 4. PV için ekonomik ömre bağlı olarak nakit akış diyagramı

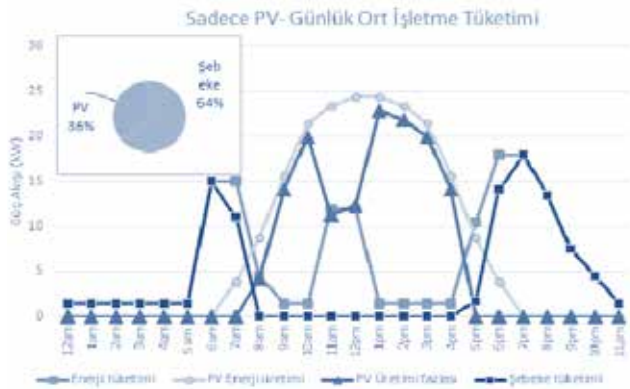
Figure 4. Cash flow diagram for PV for economic life



Şekil 5. PV için ekonomik ömre bağlı olarak nakit geri ödeme diyagramı

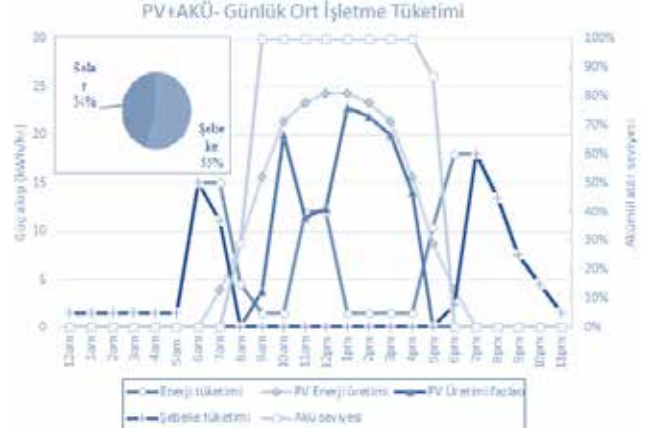
Figure 5. Cash repayment diagram based on economic life for PV

PV için depolamasız günlük enerji üretimi ve tüketim diyagramı (Şekil 6) incelendiğinde enerjinin akümülatörlerde depolanamaz olma durumu incelenmiştir. Eğer depolanamaz ise %36 PV'den ve %64 şebekeden besleneceği hesaplanmıştır. PV için depolamasız günlük enerji üretimi ve tüketim diyagramı (Şekil 7) incelendiğinde enerjinin akümülatörlerde



Şekil 6. PV için depolamasız günlük enerji üretimi ve tüketim diyagramı

Figure 6. Storage-free daily energy production and consumption diagram for PV



Şekil 7. PV için depolamalı günlük enerji üretimi ve tüketim diyagramı

Figure 7. Daily energy generation and consumption diagram for PV

depolanabilir olma durumu incelenmiştir. Eğer depolanabilir ise %46 şebekeden ve %54 PV'den beslenebileceği hesaplanmıştır.

SONUÇLAR

Anonim (2017c)'e göre, AB'de 5 cent.kWh⁻¹ olan sanayi elektrik enerjisi, Türkiye'de 8.6 cent.kWh⁻¹ sanayiciye, hayvancılık işletmelerinde 11.80-12 cent kWh⁻¹, kümes hayvanları çiftliklerinde 7.74 cent.kWh⁻¹ Bu verilere göre; 200 baş sağmallık 350 baş sığır kapasiteli günde 3 sağım yapan, otomatik sağım sistemi, soğutma tankları, gübre çukuru, dalgıç motoru, karıştırıcısı, sıyrıcı sistemi, derin su kuyusu motorları, hidroforu olan yani son teknolojinin kullanıldığı ve aynı zamanda akıllı sayaç kullanan bir hayvancılık işletmesinin elektrik enerjisi kullanımından doğan fatura aylık ortalama (11.80-12 cent kWh⁻¹'e göre) 3 100 TL olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde 150 baş sağmallık 375 baş kapasiteli son teknoloji kullanan bir işletmenin aylık elektrik gideri minimum 4 500 TL iken 80 baş sağmallık otomatik sağım sistemi olan bir işletmenin aylık elektrik gideri 1 200-1300 TL civarında olduğu belirtilmiştir.

Harputlugil (2009)'e göre Avrupa Birliği (AB) binaların enerji performansı" ile ilgili direktifi, 16/12/2002'de resmi yayın olarak yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Buna göre; enerji performansının tanımlanması, enerji tüketimleri ve CO₂ emisyonlarının değerlendirilmesi, bina enerji ihtiyacının belirlenmesi için CO₂ değerlendirmeye, tüm ısı kayıp ve kazançlarını, ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına, bu bağlamda

10'dan fazla standart daha hazırlanmıştır. Bu standartlar, aydınlatma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimlerini belirlemek ve hesaplamak amaçlıdır.

Elektrik enerjisi günümüzde su, yol gibi mecburi bir ihtiyaç olmuştur. İşletmeler için uygun ve ucuz enerji kaynağı araştırılması bunun dışında karar vericilerin Türkiye hayvancılık işletmelerini ve tavukçuluk sektörünü hem tarife seçenekleri kullanmaları hem de Katma Değer Vergisini (KDV) aşağı çekerek desteklenmeleri bekleniyor.

Yörede bazı tarımsal işletmelerde çatı yüzeyinin başka amaçlı kullanılabilir nitelikte olması, düz çatıların tercih sebebi olmuştur. Ancak iklim koşullarından kaynaklı düz çatılarda su ve ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Barınaklarda bu etkenler daha da önemlidir.

Çatı eğiminin belirlenmesinde dört etkili faktör vardır. Bunlar; hukuksal yasalar, tasarım kriterleri, çevreye uygunluk ile iklimsel faktörlerdir. Yörede, çatı eğimini etkileyen iklimsel faktörler, yağış, sıcaklık ve rüzgâr etkisi olarak belirlenmiştir.

Çatı yapı malzemelerinde gelinen noktada, çok düşük ve yüksek eğimli çatılar, farklı eğimlerde çatıların yapılmasına uyumlu değişik malzemeler pazarda mevcuttur. Çatı eğimi artık günün koşullarına ve ihtiyaca göre dizayn edilebilmelidir. Bu nedenlerden dolayı çatı eğimlerinin tekniğe uygun belirlenmeli, faydalı hale getirilerek ve yapı kalitesi artırılarak uygulanmalıdır. Çatılarda elektrik üretimi ihtiyacının ve doğal havalandırmanın ön plana çıktığı yerlerde buna göre tasarım yapılması uygun olabilir.

Türe (2008)'ye göre Türkiye'de PV güneş panellerin sadece bazı ev, işyeri ile fabrika çatıları gibi yerlerde kullanılması ile yılda tahmini 40.10⁹ kWh elektrik üretilebileceğini belirtmektedir. Türkiye'nin elektrik tüketiminin 2007 itibarıyla yılda yaklaşık 190.109 kWh olduğu göz önüne alındığında bunun kesinlikle önemli bir miktar olduğu açıktır. Ayrıca, önümüzdeki yıllarda elektrik üretimi için herhangi bir yakıtı para ödenmeyeceği gibi CO₂ emisyonu düşecek ve çevre kirliliği de azalacağını belirtmiştir.

Mutlu (2010)'ya göre, çatı sistemi tasarım süreci için esas olan beş girdi önerilmektedir: kullanıcı gereksinimleri, dış etmenler, performans gereksinimleri ve analizi, malzeme bileşeni ile önlemler ve özellikleri olarak gruplandırılır.

Kullanım açısından; çatının güvenli olması, dayanaklı, güneş ışınlarını yansıtma, suyu geçirme, kolay alev almama, yağışma terleme, kimyasal ayrışma olmaması, enerji tüketimi, CO₂ salınımı, yanmaz malzeme, malzemenin mukavemeti vs. kuvvetlerdir.

Sonuç olarak; atıl olan çatılarda elektrik üretimi için yasal kısıtlar ve başka olumsuz bir durum yok ise uygun olan bir tasarım ile bu gibi yerler ekonomiye kazandırılabilir. Çatının tam güneye bakan kısmı meteorolojik koşullara uygun olması ve diğer olumsuzlukların minimize edilmesi durumunda yörede atıl durumda olan çatıların ekonomiye kazandırılması uygun bir planlama ile gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada, 333 m²'lik bir çatının üzerine 50 kWh'lık PV sistem kurulması tasarlanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, sistemin kayıpları %28 ve ekonomik ömrü 20 yıl olarak kabul edilerek, elde edilen enerjinin akümülatörlerde depolanabilir ve depolanamaz olma durumu incelenmiştir. Depolanabilir durumda olursa %46 şebekeden ve %54 PV'den beslenebileceği eğer depolanamaz ise %36 PV'den ve %64 şebekeden besleneceği hesaplanmıştır. Sistem ekonomik yönden irdelenmiş, yıllık banka faiz oranının %10 olduğu ve yıllık enflasyon %7 düzeyinde iken kâra geçiş noktasının 7. yıldan sonra başladığı hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

Anonim (2017a). "Adana Global Radyasyon Değerleri, Güneşlenme Süreleri, PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji". <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/1.aspx> Erişim: Temmuz 2017.

Anonim (2017b). Solar radiation. http://www.enerpoint.co.uk/photovoltaic_technology_1.php Erişim: Temmuz 2017.

Anonim (2017c). "Hayvancılık İşletmelerinde Kullandığımız Elektrik Enerjisi ve Tarifelerdeki Farklılıklar" <http://tarimbilgibankasi.com/Yazi/201/Hayvancilik-Isletmelerinde-Kullandigimiz-Elektrik-Enerjisi-v.aspx> Erişim: Haziran 2017.

Almaktar M, Rahman H A. ve Hassan M Y (2012). "Effect of losses resistances, module temperature variation, and partial shading on PV output power", Power and Energy (PECon), IEEE International Conference on. IEEE, 360-365.

Besli N, Aktacir MA, Yeşilata B (2010). "Fotovoltaik panellerin gerçek arazi koşullarında test ve karakterizasyonu", Engineer & the Machinery Magazine, 51(601), 21-28.

Bhol R, Pradhan A, Dash R, Ali SM (2015). "Environmental effect assessment on performance of solar PV panel", Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2015 International Conference on. IEEE, 1-5.

Deniz E (2013). "Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayıplar" III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri. İzmir.

Harputlugil GU (2009). "Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli". Doktora Tezi Mimarlık Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

Irwanto M, Irwan YM, Safwati I, Leow WZ, Gomesh N (2014). "Analysis simulation of the photovoltaic output performance", Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), 2014 IEEE 8th International. IEEE, 2014, 477-481.

Islam M, Rahman M Z, Mominuzzaman SM (2014). "The effect of irradiation on different parameters of monocrystalline photovoltaic solar cell", Developments in Renewable Energy Technology (ICDRET), 3rd International Conference on the IEEE, 1-6.

Karafil A, Özbay H, Kesler M (2016). Sıcaklık ve Güneş Işınım Değişimlerinin Fotovoltaik Panel Gücü Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Analizi. EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Tokat.

Mutlu A (2010). "Fotovoltaik Çatı Sistemlerin Tasarımı için Bir Model Mimarlık". Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yük. Lis. Tezi İTÜ Fen Bilimleri Ens. İstanbul.

Thomas R, Fordham M (2001). "Photovoltaics and Architecture", Spon Press, London and New York.

Turhan S, Çetiner İ (2012). "Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi". 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi. Bursa.

Türe İE (2008). "Çatı Malzemesi Olarak Güneş Enerjisi Sistemleri" 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler" Sempozyumu, İstanbul.

Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi

Gözen YÜCEERİM^{1,*} Gülay YILMAZ¹ Merve ETÖZ¹ C.Oğuz ACAR¹¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): gozenyuceerim@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655270

Öz

Kuraklık, su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkileyen, sosyo-ekonomik zararlara neden olan, bir doğal afetdir. Kuraklığın karakteristiklerini belirlemek için pek çok indeks geliştirilmiş olup, kuraklığın izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, dünyada sıklıkla kullanılan bir indeks olan SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) farklı zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Böylece bir meteorolojik kuraklık indeksi olan SYİ'nin farklı periyotlar için tarımsal ve hidrolojik kuraklık açısından yol göstericiliği değerlendirilmiştir. Çalışmada Susurluk Büyük Akarsu Havzası sınırları içinde bulunan Kocadere Havzasına ait 30 yıllık (1987-2016) yağış verileri kullanılmıştır. Havza alanına yerleştirilen yağış istasyonlarından, su yılı (1 Ekim- 30 Eylül) dikkate alınarak elde edilen veriler kullanılarak SYİ, 1 (SYİ-1), 6 (SYİ-6) ve 12 (SYİ-12) aylık olmak üzere 3 farklı dönem için hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarla farklı dönemlerdeki kuraklık şiddeti sınıfları belirlenerek, değerlendirmeler için yağış ve akım verilerinden yararlanılmıştır. İndeks değerinin sıfırın altına düştüğü durumlar kurak dönemin başlangıcı kabul edilerek yapılan değerlendirmede; 1987-2016 su yılları arasındaki dönemin, SYİ-1 için %48.34'ü kurak, % 51.66'sı yağışlı, SYİ-6 için % 51.66'sı kurak, % 48.34'ü yağışlı ve SYİ-12 için % 50.00'si kurak, %50.00'si ise yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. Aylık SYİ (SYİ-1) değerlerinin ölçülen yağış değerleriyle uyumlu olduğu ve indeks değerini yansıttığı gözlemlenmiştir. 6 aylık SYİ (SYİ-6) değerlerinin ise havza için yağış bakımından önemli bir dönem olan Ekim-Mart ayları arasında düşen yağışın izlenmesi açısından iyi bir gösterge olduğu tespit edilmiştir. Yıllık olarak hesaplanan (SYİ-12) indeks değerleri ise havzada ölçülen yıllık toplam akımlardaki artış ve azalışı açıklamaktadır.

Anahtar kelimeler : Kocadere havzası, kuraklık, SYİ (standartlaştırılmış yağış indeksi)

Analysis of Drought at Different Timescales by Standardized Precipitation Index in Kocadere Basin

Abstract

Drought is a natural disaster which affect water resources, agriculture and all living things also causes socio-economic damages. Numerous indices have been developed to characterize the drought, and these indices are widely used for drought monitoring. In this study, frequently used SPI (Standardized Precipitation Index) was calculated for different time periods. Thus, it is aimed to evaluate the guidance of the SPI, which is a meteorological drought index, in terms of agricultural and hydrological drought for different periods. In the study, 30 years (1987-2016) precipitation data which belongs to the Kocadere Basin have been used. The data obtained by considering the water year (1 October – 30 September), from the rainfall stations which were located in basin area. With this data SPI was calculated for 3 different time periods (SPI-1, SPI-6 and SPI-12). Drought severity classes

in different periods were determined and precipitation - flow data were used for evaluations. As an evaluation, when the index value fell below zero, is considered as the beginning of the dry season. In this circumstance, the period between 1987-2016 water year is classify as, 48.33% dry, 51.67% rainy for SPI-1; 51.67% dry, 48.33% rainy for SPI-6 and 50.00% dry and 50.00% rainy for SPI-12. Its observed that, SPI-1 values were consistent with measured rainfall and reflect the index value. Moreover, SPI-6 values were found to be a good indicator of precipitation monitoring between october and march, which is an important period for this basin. The annualized index values (SPI-12) clarify the increase and decrease in total annual flows measured in the basin.

Keywords: Drought, Kocadere basin, SPI (standardized precipitation index)

GİRİŞ

Kuraklığı tek bir tanımla açıklamak mümkün olmasa da genel bir tanımlama ile yağışların normalin altına düşmesiyle ortaya çıkan, çok yavaş başlayan ancak aylar ve hatta yıllar boyunca gelişen, tarımsal üretimi, hidrolojik dengeyi, ekonomiyi ve aslında tüm insanları etkileyen bir doğal afettir. Bu denli yaygın etkiye sahip olan kuraklığı izlemek, ölçmek ve değerlendirmek, oluşabilecek olumsuzluklara karşı hazırlıklı olmak bakımından büyük önem taşımaktadır. İzleme ve değerlendirmeyi yapabilmek için ise kuraklık indeksleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kuraklığı ölçebilmek için kuraklık tipine bağlı olarak belirlenen dört yaklaşım kullanılır. Meteorolojik kuraklık, diğer bir deyişle yağışların azlığı kuraklığın ilk işaretidir. Tarımsal kuraklık ise meteorolojik kuraklıktan sonra oluşur. Özellikle kuru tarım alanlarında, toprak nemindeki azlık ile kendini gösterir. Böylece tarım, kuraklık tarafından etkilenen ilk ekonomik sektör olur. Yağışların akışa geçerek nehir ve göllerin su seviyelerini etkilemesi ise belli bir zaman alır ve neticesinde hidrolojik kuraklık gözlemlenir. Sosyoekonomik kuraklık diğer üç yaklaşımdan farklı olarak ölçülebilir fiziksel bir olguyu değil, kuraklığın sosyoekonomik sistemlere etkisini inceler. Ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler bu kapsamda değerlendirilir.

Farklı zaman ölçeklerinde etkili olabilen kuraklık olaylarını incelemek, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığı izlemek için çeşitli yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerde yer alan indeksler, kuraklık koşullarının başlangıcını saptamak, kuraklık olaylarını ölçmek, izlemek ve kuraklık afetinin büyüklüğünü saptamak açısından önemlidir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) bahsi geçen indeksler içinde yaygın olarak kullanılanlarından biridir.

McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI), esnek, güçlü ve hesaplaması kolay bir indekstir. Yağış verisi indeksin tek girdi parametresidir. Yağışlı periyotları da kurak periyotlar gibi etkili bir şekilde analiz eder. SYI çoklu zaman ölçeği için yağışta meydana gelen açığı ölçmek üzere tasarlanmış bir indekstir ve bu zaman ölçekleri farklı su kaynakları üzerindeki etkileri yansıtır. Toprak nemi koşulları, yağış anormalliklerine nispeten kısa bir sürede cevap verirken, yeraltı suyu, akarsu ve rezervuar depolaması, uzun vadeli yağış anormalliklerini yansıtır. Bu nedenlerden dolayı, McKee ve ark. (1993) başlangıçta SYI'ni 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri için hesaplamıştır (WMO, 2012).

Fiorillo ve Guadagno (2010) Güney İtalya'da yürüttükleri çalışmada, SYI'nin farklı zaman ölçekleri ile kaynak debisi arasındaki ilişkiyi incelemişler ve sonuçta SYI-12 ile ifade ettikleri kümülatif yağış ile kaynak debisinin benzer trende sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Labeledzki (2007) ise Polonya'da, detaylı olarak incelemek üzere seçtiği 1991-2005 yılları arasındaki dönemde, farklı zaman ölçekleri için meteorolojik ve tarımsal kuraklığı belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bunun sonucunda 2000 yılında Polonya'da görülen tarımsal ve meteorolojik kuraklığı aylık ve üç aylık SYI değerlerinin altı aylık SYI değerinden daha iyi yansıttığı, ancak çok yıllık verilerle daha ileri analizler yapılarak hangi zaman ölçeğinin en uygun olduğunun belirlenebileceğini belirtmiştir.

SYI ile yapılan birçok çalışmada "SPI_SL_6.exe" programı yaygın olarak kullanılan bir programdır. Adeogun ve ark. (2014), Nijerya'da meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizi yaparken uygun olan SYI zaman ölçeğini belirlemek için yürüttükleri çalışmada, bu

programı kullanmışlardır. Ayrıca, Cornel (2014) Romanya’da, Pratoomchai (2015) Tayland’da, Kumar ve ark. (2013) ise İtalya ’da kuraklık ile ilgili yürüttükleri çalışmalarında bahsi geçen programı kullanmışlardır.

Bu çalışmada, Kocadere Havza’sı için aylık toplam yağış verileri kullanılarak, aylık (SYİ-1), altı aylık (SYİ-6) ve yıllık (SYİ-12) olarak meteorolojik kuraklık indeksi olan SYİ değerleri hesaplanmış ve diğer tipteki kuraklıklar (tarımsal ve hidrolojik kuraklık) için bir değerlendirme olanağı sağlamıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma yeri ve özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Kocadere havzası Balıkesir’e 48 km, Bigadiç’e 8 km uzaklıktadır. Temsili bir su depolama havzası olan Kocadere Havzası güney-kuzeybatı yönünde olup havza içerisinde Yağcıbedir, Durasılar ve havza sınırında Kargın köyleri bulunmaktadır. Susurluk Büyük Akarsu Havzası içinde yer alan havzanın alanı, 11,366km²’dir. Havza çıkış yerinin yükseltisi 255 m, enlemi 39°25’12” N, boylamı 28° 11’52” E dir. Havzada genel olarak arazi dik eğimli olup, yer yer çok dik hatta sarp eğimde olan yerlere de rastlamak mümkündür. Havza yer alan arazi kullanım türleri %29.85 mera, %26.72 nadassız kuru tarım, % 23.76 fundalık, %15.10 orman (meşe ve çam fıstığı), %3.42 sulu tarım olarak dağılmaktadır. Havzanın %1.15’lik kısmı ise yerleşim yerlerini oluşturmaktadır. Bigadiç İlçesi bölgesel olarak Thornwaite sınıflamasına göre “Kurak, az nemli mezotermal”, Köppen sınıflamasına göre ise “Yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı” iklim tipine girmektedir. Ortalama sıcaklık 14.4 °C olup en yüksek sıcaklık 43.5oC ile haziran ayında, en düşük sıcaklık ise -17.0 oC ile şubat ayında görülmüştür. Havzanın uzun yıllık yağış ortalaması ise 609.34 mm’dir. (Yılmaz ve ark., 2013).

Yağış verilerinin değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan yağış verileri, aynı çalışma alanında 1987-2012 su yılları arasında yürütülen, havzanın yağış ve akım karakteristiklerini inceleyen araştırma kapsamında ölçülmüş olan verilerdir. Bu doğrultuda, havza alanına yerleştirilen üç adet yağışölçerden alınan günlük yağış verilerin aritmetik ortalamaları dikkate alınarak aylık yağış toplamları elde edilmiştir.

2015 ve 2016 su yıllarında havzada başlatılan başka bir proje ile aynı noktalarda ölçüm alınmaya devam edilmiş ve önceki ile benzer şekilde aylık toplam yağış miktarları hesaplanmıştır.

Hiçbir ölçüm alınmayan 2013 ve 2014 su yılları için ise, veriler havzaya en yakın yağış istasyonu olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 17698 numaralı Bigadiç İstasyonu’ndan temin edilmiştir. Bu verilerin havza yağış verisi olarak kullanılması için, 26 su yılı boyunca havzada yapılan ölçümler ile 26 yıllık Bigadiç istasyonuna ait veriler arasındaki ilişkiler aylar düzeyinde incelenmiştir. Yapılan inceleme ile 1987-2012 su yılları için Bigadiç istasyon verileri ile Havza’ya ait veriler arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, en yüksek R2 değeri 0.93 ile Eylül ayları arasında bulunurken, en düşük R2 değeri 0.68 ile Temmuz ayları arasında görülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her ay için bir denklem çıkarılmış ve Bigadiç İstasyonuna ait yağış değerlerine uygulanarak eksik yağış verileri tamamlanmıştır.

Değerlendirmeler yapılırken kullanılan aylık toplam akım değerleri ise yine 1987-2012 su yılları arasında yürütülen aynı çalışmadan alınmıştır.

Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) McKee ve ark. (1993) tarafından kuraklığı izlemek ve tanımlamak üzere geliştirilen bir indekstir. SYİ ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilir. (Pamuk ve ark., 2004).

Yağışta meydana gelen açık, yeraltı suları, rezervuar depolaması, toprak nemi, kar örtüsü ve akımlar üzerinde farklı etkilere sahiptir. SYİ, çoklu zaman ölçekleri için yağışın olasılığına dayanarak yağış açığını ölçmek üzere tasarlanmıştır. Böylelikle kuraklığın farklı su kaynakları üzerindeki etkisini yansıtır (Tsakiris ve Vangelis, 2004).

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee ve ark., 1993).

$$SYI = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (\text{Eşitlik 1.})$$

Eşitlik 1. de SYİ, standart yağış indeksini, x_i gözlenen yağışı (mm), \bar{x} yağış serisinin ortalamasını (mm) ve σ , serinin standart sapmasını, göstermektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi değerleri dikkate alınarak yapılan kuraklık değerlendirmesinde, indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee ve ark., 1995).

Sonuçların değerlendirilmesinde Çizelge 1. de verilen SYİ yöntemine göre kuraklık şiddeti sınıfları Tsakiris ve Vangelis (2004) dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. SYİ değerlerine göre kuraklık şiddeti sınıfları
Table 1. Drought classification based on SPI values

SYİ Değeri	Kuraklık şiddeti
≥2.00	Çok şiddetli yağışlı
1.50 – 1.99	Çok yağışlı
1.00 – 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 – 0.00	Normal
0.00- (-0.99)	Normale yakın kurak
(-1.00) – (-1.49)	Orta şiddetli kurak
(-1.50) – (-1.99)	Şiddetli kurak
≤-2.00	Çok şiddetli kurak

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 gibi farklı zaman dilimleri belirlenir (Dinç ve ark., 2016).

Çalışmada aylık olarak hesaplanan SYİ (SYİ-1) değerleri, kısa dönem koşullarını yansıttığı için, elde edilen sonuçlar meteorolojik kuraklık, kısa dönemli toprak nemi ve özellikle büyüme dönemine denk gelen bitki stresi ile ilişkilidir. Altı aylık periyotlarla

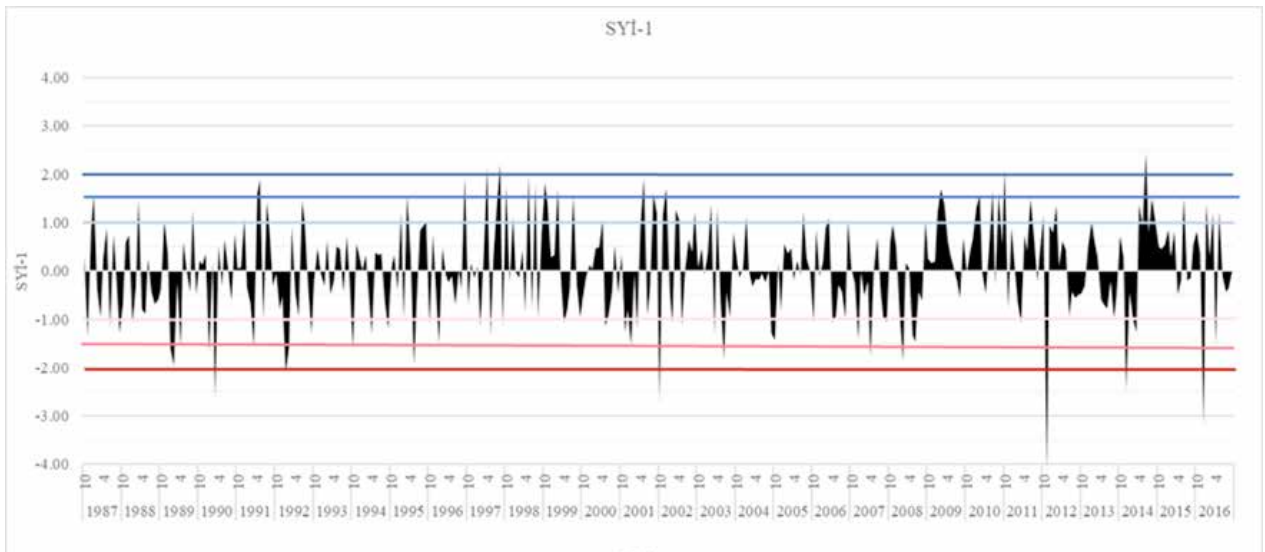
hesaplanan SYİ (SYİ-6), farklı mevsimler süresince gerçekleşen yağışın gösterilmesinde çok etkilidir. Ayrıca, elde edilen değerler toprak nem koşulları ve su kaynaklarındaki anormallikler ile ilişkilendirilebilir. Yıllık olarak hesaplanan SYİ (SYİ-12) ise uzun dönem yağış desenini yansıtır. Hesaplanan indeks değerleri genelde akarsu akımlarına, rezervuar seviyelerine ve daha da uzun zaman ölçeğinde yeraltı suyu seviyelerine bağlıdır (WMO, 2012).

Temeli yukarıda açıklanan eşitliğe dayanan indeksin, hesaplanması için programlar da geliştirilmiştir. Çalışmada bu programlardan biri olan "SPI_SL_6.exe" programı kullanılmıştır. Program, Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi (The National Drought Mitigation Center-NDMC) tarafından geliştirilmiştir.

Programın girdi dosyası "notepad" dosyası halinde hazırlanır ve ". cor" uzantısı ile program formatına dönüştürülür. Yağış serileri hazırlanırken programın düzgün çalışabilmesi için eksik veriler için "-99" değeri girilirken, tüm yağış verileri "100" katsayısı ile çarpılarak bütün değerlerin tam sayı olması sağlanır. Açılan ekranda komut satırına sırasıyla dönem sayısı, bu dönemlerin hangisi olduğu, girdi dosyası adı ve çıktı dosyası adı yazılarak sonuçlar elde edilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kocadere Havza'sına ait yağış değerleri kullanılarak, üç farklı dönem için (SYİ-1, SYİ-6 ve SYİ-12) SPI_SL_6.exe programı ile hesaplama yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, SYİ-1 indeks değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 1. de gösterildiği gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 1. SYİ-1 sonuçları
Figure 1. SPI-1 results

Buna göre referans değerler dikkate alındığında, incelenen toplam 360 ayın 174'ü yani %48.34'ü kurak aylar olarak belirlenirken %51.66'si yağışlı olarak belirlenmiştir. Kurak ayların kuraklık derecelerine göre dağılımı ise Çizelge 2. de verildiği gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. SYI-1'e göre kurak ayların sayısı, oranı ve şiddeti
Table 2. Number, ratio and severity of dry months according to SPI-1

Negatif SYI-1 Sayısı	Oranı (%)	Kuraklık Şiddeti
125	34,72	Normale yakın kurak
29	8,06	Orta şiddetli kurak
14	3,89	Şiddetli kurak
6	1,67	Çok şiddetli kurak

Havzanın en uzun süreli kurak döneminin, 2004 su yılında başlayıp, 2005 su yılının ikinci ayına kadar devam ettiği ve toplamda 8 ay sürdüğü tespit edilmiştir. En şiddetli kuraklık ise 2012 su yılının ikinci ayında, -4.21 indeks değeriyle hesaplanmıştır.

Bir meteorolojik kuraklık indeksi olan SYI'nin aylık olarak hesaplanan değerleri, beklediği üzere kısa dönemli kuraklıkları başarılı bir biçimde yansıtmaktadır. Aynı aylar için yağış miktarlarında meydana gelen değişkenlikler bu durumu destekler niteliktedir.

İkinci dönem olarak seçilen altı aylık periyotlara sahip SYI (SYI-6) değerleri ne ilişkin sonuçlar Şekil 2. de görüldüğü gibi gerçekleşmiştir.

SYI tipik bir meteorolojik kuraklık indeksi olmasına rağmen, analiz için seçilen kısa zaman ölçekleri (3 ve 6 ay), tarımsal açıdan özellikle önemli olabilecek değişiklikleri tespit etmek için uygundur (Vergni ve Todisco, 2011).

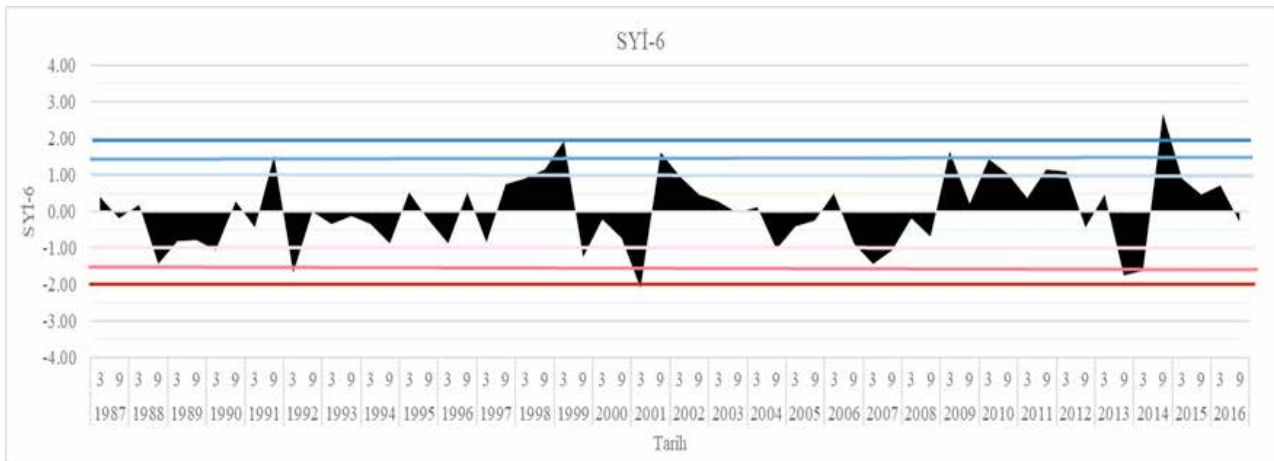
Değerlendirme su yılının ilk 6 ayı (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat ve Mart) ile ikinci 6 ayı (Nisan-Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos ve Eylül) bitimindeki indeks değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Buna göre referans değerler ile yapılan karşılaştırmada 60 adet 6 aylık dönemin toplam 31'inde yani %51,67'sinde kurak dönem tespit edilirken, %48,33'üne yağışlı dönem tespit edilmiştir. Kurak olarak belirlenen 6 aylık periyotların kuraklık derecelerine göre dağılımı ise Çizelge 3. de verildiği gibi gerçekleşmiştir. Ayrıca 2006 su yılının ikinci yarısında başlayan ve 2008 su yılı sonunda biten kurak dönem, havza için en uzun kurak dönem olmuştur.

Çizelge 3. SYI-6'ya göre kurak ayların sayısı, oranı ve şiddeti
Table 3. Number, ratio and severity of dry months according to SPI-6

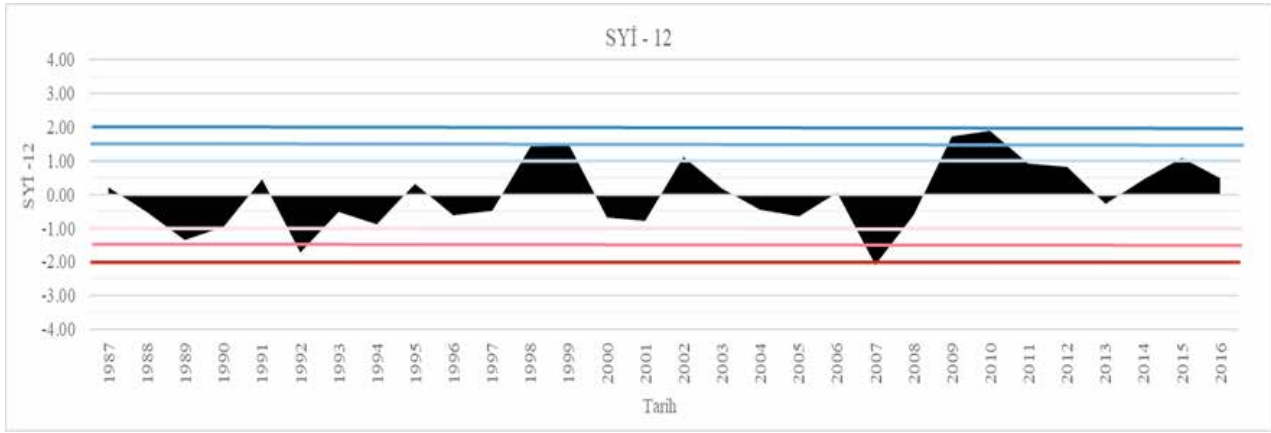
Negatif SYI -6 Sayısı	Oranı (%)	Kuraklık Şiddeti
21	35,00	Normale yakın kurak
6	10,00	Orta şiddetli kurak
3	5,00	Şiddetli kurak
1	1,67	Çok şiddetli kurak

Çalışmanın yürütüldüğü havzada yaygın olarak kuru tarım yapıldığı göz önüne alındığında özellikle su yılının ilk 6 aylık kısmındaki kuraklık durumu tarım açısından önem arz etmektedir.

Bu açıdan yapılan değerlendirme de ise, su yıllarının ikinci 6 aylık dönemlerinde görülen negatif indeks değerleri takip eden bir sonraki su yılının ilk 6 aylık dönemi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 2013 su yılının ikinci yarısında indeks kategorisine göre "çok şiddetli kuraklık" sınıfına giren değer, 2014 su yılının ilk yarısında görülen ve "yine çok şiddetli kuraklık"



Şekil 2. SYI-1'e göre kurak ayların sayısı, oranı ve şiddeti
Figure 2. Number, ratio and severity of dry months according to SPI-1



Şekil 3. SYİ-12 sonuçları

Figure 3. SPI-12 results

kategorisinde olan durum dikkat çekicidir. Bunun yanında 1991 su yılının ikinci yarısındaki “çok yağışlı” dönem kategorisine giren değerler ardından 1993 su yılının ilk yarısının “şiddetli kurak” kategorisine girmesi gibi ekstrem durumlar da tespit edilmiştir.

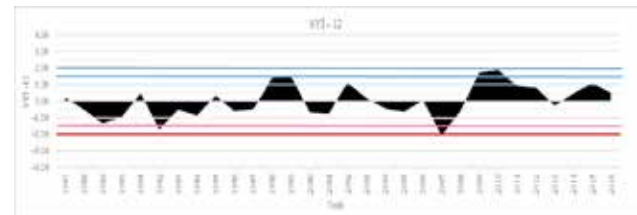
Üçüncü dönem olarak seçilen yıllık SYİ hesaplamasının sonuçlarına ait zamansal değişim Şekil 3. de verildiği gibi gerçekleşmiştir ve sonuçlar hidrolojik kuraklık açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Buna göre, toplam 30 yılın 15 yılı yani %50’si kurak, %50’si ise yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. 2007 su yılı bu 30 yıllık periyot içinde en kurak yıl olarak belirlenmiştir. Ayrıca 1988-1990 arasında ve benzer şekilde 1992-1994 yılları arasında 3’er yıllık uzun kurak dönem yaşandığı saptanmıştır. Kurak olarak belirlenen yılların kuraklık derecelerine göre dağılımı ise Çizelge 4. de verildiği gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. SSYİ-12’ye göre kurak ayların sayısı, oranı ve şiddeti
Table 4. Number, ratio and severity of dry months according to SPI-12

Negatif SYİ-12 Sayısı	Oranı (%)	Kuraklık Şiddeti
12	40,00	Normale yakın kurak
1	3,33	Orta şiddetli kurak
1	3,33	Şiddetli kurak
1	3,33	Çok şiddetli kurak

Bilindiği üzere hidrolojik kuraklığın başlıca nedeni, uzun süren kümülatif yağışın kıtlığıdır. Böylece, uzun süren meteorolojik kuraklık, kaynak ve nehir debileri ve piezometrik seviyeleri düşürür (Fiorillo ve Guadagno, 2010). Bu nedenle, indeks değerlerini, yağış ölçümleriyle aynı dönem ve aynı havza için ölçülen akım değerleri ile karşılaştırmak hidrolojik kuraklığı değerlendirmek açısından fikir veren bir yaklaşımdır.

Bu doğrultuda yıllık olarak hesaplanan SYİ-12 ile ölçülen yıllık akım değerlerinin bir karşılaştırması ise Şekil 4. de yapılmıştır. Burada, “akımdaki fark” olarak ifade edilen değerler aylık olarak uzun yıllık akım ortalamalarından olan farklardır. Şekil 3.4’de görüldüğü gibi indeks değerinin sıfırın altına indiği, yani kurak dönemin başladığı yıllar ile akımın ortalamadan olan farkının negatif değere düştüğü dönemler birbirine uyum göstermektedir. Ancak, 1995 su yılında görüldüğü gibi indeks değerinin pozitif olmasına rağmen akımda beklenen artışın gerçekleşmediği ve akımın ortalamadan düşük olarak ölçüldüğü durumlarda saptanmıştır. Burada dikkat çeken durum ise öncesindeki 3 su yılından birinin şiddetli kurak kategorisine girmiş olmasıdır.



Şekil 4. SYİ-12 ile yıllık toplam akımlardaki değişimler

Figure 4. Changes in total annual flow with SPI-12

SONUÇLAR

Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, SYİ-1 değerlerinin kısa dönem kurak koşulları iyi yansıttığı ve ölçülen yağışlardaki değişimlerle iyi bir uyum sağladığı görülmektedir. Aylık olarak hesaplanan uzun yıllık ortalamalardan olan değişimleri meteorolojik kuraklık açısından değerlendirdiğimizde aylık SYİ’nin iyi bir gösterge olduğu görülmüştür.

SYİ-6 ile ilgili yapılan değerlendirmeden elde edilen sonuçlara göre, dönemlik hesaplanan bu

indeksinin mevsimsel olarak yağışta meydana gelen azalmaları tespit yeteneği olduğu için, tarımsal üretim açısından önem taşıyan dönemler dikkate alınarak yapılacak hesaplamalarda yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Tarımsal kuraklık açısından kuraklığı belirlemede özellikle toprak neminin anahtar rol oynadığını düşünecek olursak, gerek toprak nem takibi gerekse diğer tarımsal kuraklık indeksleri ile SYİ-6'nın sonuçlarının karşılaştırılması yapılabilir.

Yıllık olarak hesaplanan indeks (SYİ-12) değerlerinin ise Havza'da ölçülen yıllık toplam akımlar ile uyumlu olduğu, kurak kategorisinde çıkan yılın toplam akım miktarının da uzun yıllık ortalamalardan düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum bir yandan hidrolojik kuraklık açısından dikkate değer olsa da, daha net sonuçlar için SYİ-12'nin bir hidrolojik kuraklık indeksi ile karşılaştırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Adeogun BK, Nwude MO, Mohammad YS, Adie DB (2014). Evaluation of suitable standardized precipitation index time scales for meteorological, agricultural and hydrological drought analyses, *FUTA Journal of Research in Sciences*, 2014 (2): 140-149.
- Cornel SN (2014). Comparative study regarding performance of some free software's for the calculation of the standardized precipitation index (SPI), *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protectia Mediului Vol. XXIII*, Pp:779-788.
- Dinç N, Aydınşakir K, Işık M, Büyüktaş D (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi, *Derim*, 33 (2):279-298.
- Fiorillo F, Guadagno FM (2010). Karst spring discharges analysis in relation to drought periods, using the SPI, *Water Resour Manage*, 24:1867-1884.
- Kumar PV, Bindi M, Crisci A, Maracchi G (2013). Detection of variations in precipitation at different time scales of twentieth century at three locations of Italy, *Weather and Climate Extremes* 2:7-15.
- Labedzki L (2007). Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI, *Irrigation and Drainage*, 56: 67-77.
- Mckee TB, Doesken N J, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, pp.179-184.
- McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1995). Drought monitoring with multiple time scales, *American meteorological society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology*, Dallas, pp:233-236.
- Pratoomchai W, Kazama S, Manandhar S, Ekkawatpanit C, Saphaokham S, Komori D, Thongduang J (2015). Sharing of people's perceptions of past and future hydro-meteorological changes in the groundwater use area, *Water Resource Management*, 29:3807-3821.
- Pamuk G, Özgürel M, Topçuoğlu K (2004). Standart Yağış Indisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 41 (1):99-106.
- Tsakiris G, Vangelis H (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI, *Water Resources Management*, 18(1): 1-12.
- WMO, (2012). Standardized Precipitation Index User Guide, WMO-No. 1090, Switzerland.
- Vergni L, Todisco F (2011). Spatio-temporal variability of precipitation, temperature and agricultural drought indices in Central Italy, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 301-313.
- Yılmaz G, Aykanlı N, Abalı İ, Acar, O (2013). Balıkesir-Bigadiç Kocadere Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri, Proje Sonuç Raporu, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir.

İklim Değişikliğinin Türkiye’de, Trakya Bölgesinde, Referans Evapotranspirasyona Olan Etkilerinin Belirlenmesi

Muhammet AZLAK^{1,*} 

Levent ŞAYLAN² 

¹Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): m_azlak89@hotmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655273

Öz

Son yıllarda çevre ile ilgili popüler olan konuların başında iklim değişikliği ve su problemi konuları gelmektedir. Özellikle, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine olan etkisi üzerine yapılan çalışmalar gitgide artmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili en önemli sorunlardan biri, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine gelecekteki etkisi olacaktır. Bu nedenle, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olası etkileri belirlenmelidir. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin su kaynaklarından gerçekleşen en önemli kayıplardan biri olan evapotranspirasyona olan olası etkileri, Trakya Bölgesi'nin üç şehri (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) için analiz edilmiştir. Referans evapotranspirasyonun geçmiş ve gelecekteki durumu, yaygın olarak kullanılan sekiz farklı metot ile hesaplanmış ve gelecek projeksiyonu geçmiş veri seti ile karşılaştırılmıştır. Geçmiş durum, 1975-2010 dönemi için meteoroloji istasyonlarından ölçülen veriler kullanılarak temsil edilmiştir. Gelecek projeksiyonu, 2015-2040 dönemi için A1B senaryosu kapsamında ECHAM-5 modelinden elde edilen model çıktıları kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, sekiz metot çerçevesinde evapotranspirasyonun gelecek dönemde %9-14 aralığında artacağı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Buharlaşma, evapotranspirasyon, iklim değişikliğinin etkileri, su kaynakları

Estimating the Climate Change Impact on Reference Evapotranspiration in the Thrace Region of Turkey

Abstract

In recent years, the most popular topics related to the environment are climate change and water problems. Especially, studies about the impacts of climate change on water resources increase dramatically. One of the important problems related to climate change will be the impact of climate change on water resources in the future. Therefore, the possible effects of climate change on water resources must be determined. In this study, the possible effects of climate change on evapotranspiration, which is one of the most important losses from water resources, were analyzed for three cities of the Thrace Region (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ). Past and future status of reference evapotranspiration were calculated with commonly used eight different methods and future projection of evapotranspiration was compared with past data set. The past situation was demonstrated by using actual data obtained from meteorological stations for the period of 1975-2010. The future projection was estimated for 2015-2040 by using ECHAM-5 model data in the framework of the A1B scenario. As a result of the study, in the framework of eight methods, it is determined that evapotranspiration would increase between 9 and 14% in the future.

Keywords: Effects of climate change, evapotranspiration, evaporation, water resources

GİRİŞ

İklim değişikliğinin önemli etkilerinden bir tanesi yağış rejimlerinde değişiklik ve sıcaklıklarda artış olarak tahmin edilmektedir. Sıcaklık artışları ile birlikte özellikle açık su yüzeylerinden olmak üzere buharlaşmanın artabileceği öngörülmektedir (Şaylan vd., 2011). Bu kapsamda, topraktan ve açık su yüzeyinden olan buharlaşma ile bitkilerden gerçekleşen terlemeyi ifade eden evapotranspirasyon ile gerçekleşecek su kayıpları da iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenmektedir.

Evapotranspirasyon hidrolojik döngünün önemli bir bileşenidir ve hidrolojik döngü kapsamında evapotranspirasyondan kaynaklanan su kayıplarının bilinmesi, su yönetimi ve planlaması açısından önemli bir husustur. Özellikle tarıma dayalı ekonomisi olan ve su talebinin % 70-75'ini tarım sektörünün oluşturduğu ülkemizde, suyun yönetilmesi ve planlanması büyük önem taşımaktadır (Azlak, 2015).

Hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde evapotranspirasyon ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Genel olarak yapılan çalışmalar son dönemlerde özellikle evapotranspirasyon yöntemlerinin kıyaslandığı çalışmalar ile iklim değişikliğinin evapotranspirasyon üzerine etkilerine odaklanmış durumdadır. Evapotranspirasyon kıyaslamalarının yapıldığı çalışmalara örnek olarak; ülkemizde Kişi (2013) tarafından yapılmış olan, Penman-Monteith, Copais, Turc, Hargreaves-Samani, Hargreaves, Ritchie ve Irmak metotları ile Valiantzas tarafından geliştirilen metotların karşılaştırıldığı çalışma ile Şaylan vd. (2011) tarafından Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli ilinde ölçülen veriler kapsamında Hargreaves-Samani, Priestly-Taylor, Jensen-Haise, Turc ve Makkink eşitlikleri sonucu hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinin karşılaştırıldığı çalışma verilebilir. Bu kapsamda yürütülen bir diğer önemli çalışma da Tabari vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen ve otuzbir referans evapotranspirasyon metodunun nemli koşullar için değerlendirildiği çalışmadır. İklim değişikliğinin buharlaşmaya ve evapotranspirasyona olan etkisi üzerine yapılan çalışmalara ise; Birleşik Krallık'ta buharlaşmanın geçmiş trendinin ve gelecek projeksiyonun ortaya konulması için Kay vd. (2013) tarafından yapılan araştırma, Abtew ve Melesse (2013) tarafından Güney Florida'da evapotranspirasyonun gelecek projeksiyonun ortaya konulduğu araştırma ve Bormann (2010) tarafından onsekiz potansiyel

evapotranspirasyon metodu ile buharlaşmanın gelecek projeksiyonlarının ve eğilimlerin araştırıldığı çalışma örnek verilebilir.

Bu çalışmada da suyun sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve planlanması için, gelecekte gerçekleşecek kayıpların net olarak belirlenmesi amacıyla, Trakya Bölgesinde bulunan üç ilde (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) evapotranspirasyonun geçmişten günümüze (1975-2010) durumu belirlenmiştir. Ayrıca, yukarıda belirtilen konsept kapsamında, iklim değişikliği model verileri ile 2015'ten 2040 yılına kadar olan buharlaşma durumu hesaplanmış olup, yaygın olarak kullanılan sekiz metot çerçevesinde evapotranspirasyondan gerçekleşecek su kayıplarındaki artış 2015-2040 gelecek dönemi için 1975-2010 referans dönemine göre ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışma kapsamında seçilen alan, Trakya Bölgesidir. Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ illeri evapotranspirasyon durumunun incelendiği illerdir. Bölgede yoğun şekilde yapılan tarım, bölgedeki su talebinin başlıca kaynaklarından biridir. Bölgenin topraklarının büyük bir kısmı tarım alanı olarak kullanılmaktadır.

Veri

Çalışma kapsamında, evapotranspirasyonun geçmişten günümüze durumunun ortaya konulması için 1975-2010 arası dönemi kapsayan istasyon verileri (günlük) ile evapotranspirasyonun gelecekteki durumunun ortaya konulması için 2015-2040 dönemini kapsayan model verileri (günlük) kullanılmıştır. Model verisi olarak, A1B senaryosu çerçevesinde, ECHAM5 küresel iklim modeli sonuçlarının bölgesel iklim modeli olan RegCm4 ile koşulması sonucu elde edilmiş model verileri kullanılmıştır.

A1B senaryosu dünya genelinde hızlı bir kalkınma sürecinin yaşandığı, küresel nüfusun yüzyılın ortasında tepe noktasına ulaştığı, sonrasında ise düşmeye başladığı senaryodur. A1B Senaryosu, 2007 yılında IPCC'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change) düzenlediği uzmanlar toplantısında alınan kararlar (Moss vd., 2008) çerçevesinde iklim değişikliği çalışmalarındaki yeni yaklaşımlarından ve bu

çalışmalarda kullanılacak yeni senaryolarından olan ikinci orta seviye rota RCP6 (RCP; Temsili Konsantrasyon Rotaları) senaryosu ile benzerlik göstermektedir (Rogelj vd., 2012).

Çalışmada istasyon verisi olarak; 41° 40' Kuzey 26° 33' Doğu enlem ve boylamlarındaki Edirne istasyonu, 41° 44' Kuzey 27° 13' Doğu enlem ve boylamlarındaki Kırklareli istasyonu ve de 40° 59' Kuzey 27° 29' Doğu enlem ve boylamlarındaki Tekirdağ istasyonuna ait günlük toplam güneş radyasyonu, rüzgar hızı, bağıl nem, maksimum ve minimum sıcaklıklar ile ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Model verileri olarak ise bu istasyonların bulunduğu koordinatları içeren gridlerden elde edilen veriler kullanılmıştır.

İstasyon verileri üzerinde yapılan analizler sonucu bir takım veri eksiklikleri olduğu görülmüş ve bu eksik veriler model verileri ile tamamlanmıştır.

Yöntem

Evapotranspirasyon durumunun ortaya konulması için geçmişten günümüze 1975-2010 arasını kapsayacak şekilde istasyon, gelecek dönem için 2015-2040 kapsayacak şekilde model verileri ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma için evapotranspirasyon hesabında sıklıkla kullanılan metotlardan sekiz tanesi seçilmiştir. Çizelge 1'de çalışma kapsamında kullanılan metotlara ait eşitlikler gösterilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan eşitlikler

Table 1. Equations used in the study

Metot İsmi ve Kısaltmaları	Eşitlikler
FAO Penman-Monteith (PM)	$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$
Jensen-Haise (JH)	$ET_o = C_T \frac{(T - T_x) R_s}{\lambda} \quad (2)$
Hargraves-Samani (HS)	$ET_o = 0,0023 \cdot 0,408 R_a \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 17,8 \right) (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (3)$
Turc (TU)	$ET_o = 0,0133 \frac{T}{T + 15} (23,89 R_s + 50); RH \geq 50 \quad (4)$
	$ET_o = 0,013 \frac{T}{T + 15} (23,89 R_s + 50) \left[1 + \left(0,71 - 1,43 \frac{RH}{100} \right) \right]; RH < 50 \quad (5)$
Priestly-Taylor (PT)	$ET_o = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} \quad (6)$
Jones-Ritchie (JR)	$ET_o = \alpha [3,87 \times 10^{-3} R_s (0,6 T_{max} + 0,4 T_{min} + 29)] \quad (7)$
Irmak (IR)	$ET_o = -0,611 + 0,149 R_s + 0,079 T \quad (8)$
Schendel (SC)	$ET_o = 16 \frac{T}{RH} \quad (9)$

Eşitliklerde; ET_o , referans evapotranspirasyonu (mm); R_n , net radyasyonu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); G , toprak ısı akısını ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); γ , psikometrik katsayısı ($kPa ^\circ C^{-1}$); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncını (kPa); Δ , doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimini ($kPa ^\circ C^{-1}$); T , günlük ortalama hava sıcaklığını ($^\circ C$); u_2 , 2 m'de ölçülen rüzgar hızını ($m s^{-1}$); C_T (sıcaklık sabitini) = 0.025; $T_x = -3^\circ C$; λ , gizli ısıyı ($MJ kg^{-1}$, çalışmada sabit değer olarak 2.45 alınmıştır.); T_{max} ve T_{min} günlük maksimum ve minimum sıcaklığı ($^\circ C$); R_s , günlük toplam global güneş radyasyonunu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$, Turc metodu için $cal cm^{-2} gün^{-1}$); R_a , atmosfer dışı radyasyonu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); RH , günlük ortalama bağıl nemi (%); α , " $T_{max} \leq 5^\circ C$ " ise $\alpha = 0.1 \exp [0,18(T_{max} + 20)]$, " $5 < T_{max} < 35^\circ C$ " ise $\alpha = 1.1$ ve " $T_{max} \geq 35^\circ C$ " ise $\alpha = 1.1 + 0.05(T_{max} - 35)$ olacak şekilde katsayısı gösterilmektedir.

Çalışmada kullanılan metotlardan olan FAO'nun (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Penman-Monteith metodu (Eşitlik 1) (Allen vd., 2006); radyasyon, hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı verilerine ihtiyaç duyan bir kombinasyon metodudur. Uzmanlar tarafından 1990 Mayıs ayı içinde düzenlenen toplantı sonucunda, referans evapotranspirasyonun tanımında ve hesaplanmasında tek standart metot olarak tavsiye edilmiştir (Allen vd., 2006). Çalışmada kullanılan ve radyasyona dayalı metotlardan olan Jensen-Haise metodu (Eşitlik 2) ise, 1963 yılında geliştirilmiştir.

Hargreaves-Samani (1982 ve 1985) referans evapotranspirasyonun (çim bitkisi) hesaplanması için Hargreaves (1975) metodunu temel alan sıcaklık ve radyasyona dayalı bir takım eşitlik geliştirmiştir (Xu ve Singh, 2001). Bu çalışmada da 1985 yılında geliştirdikleri eşitlik (Eşitlik 3) kullanılmıştır. Turc metodu, radyasyona dayalı olan ve 1961'de geliştirilen bir diğer metottur (Eşitlik 4, 5). Priestly-Taylor metodu (Eşitlik 6), 1972 yılında geliştirilmiş olup, Penman metodunun basitleştirilmiş halidir. 1972'de Ritchie tarafından geliştirilen eşitliğe dayanan Jones-Ritchie metodu (Eşitlik 7) 1990'da geliştirilmiştir. Irmak metodu, Irmak vd. tarafından 2003 yılında referans evapotranspirasyonun hesaplanması için geliştirilmiştir ve radyasyon ile sıcaklığa dayalı metotlardandır (Eşitlik 8). Schendel tarafından 1967'de geliştirilen Schendel metodu ise çalışmadaki sadece sıcaklığa dayalı olan tek metottur (Eşitlik 9).

BULGULAR VE TARTIŞMA

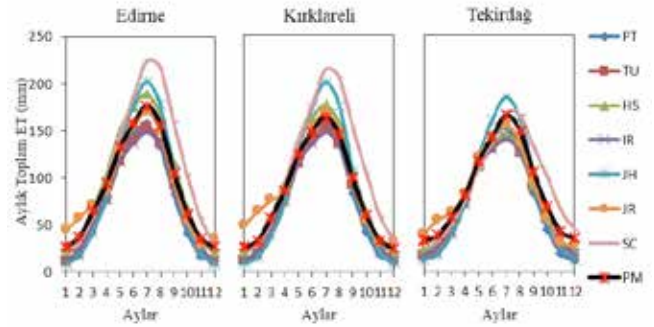
Sekiz farklı evapotranspirasyon eşitliği ile yapılan çalışmada, 1975-2010 periyodu için yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun yıllar ortalaması; Edirne istasyonu için 875.3 ile 1328.8 mm arasında, Kırklareli istasyonu için 870.3 ile 1285.7 mm arasında, Tekirdağ İstasyonu için 853.1 ile 1110.3 mm arasında değişmiştir. En yüksek yıllık toplam evapotranspirasyon değerleri; Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonlarının üçü için de SC eşitliği ile elde edilmiştir. En düşük evapotranspirasyon değerleri ise; Edirne istasyonu için PT, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonları için TU eşitliği ile elde edilmiştir. FAO'nun PM eşitliği ile 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri Edirne istasyonunda 1077.4 mm, Kırklareli istasyonunda 1002.5 mm, Tekirdağ istasyonunda 1040.2 mm olarak hesaplanmıştır.

Edirne istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak PM eşitliğine en yakın değeri, JR eşitliği vermiştir. SC, HS, JR eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken; PT, TU, IR, JH eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

Kırklareli istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak PM eşitliğine en yakın değeri, JH eşitliği vermiştir. SC, HS, JH, JR eşitlikleri ile PM

eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken; PT, TU ve IR eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

Tekirdağ istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak FAO-PM eşitliğine en yakın değeri, JR eşitliği vermiştir. SC eşitliği ile PM eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken, diğer eşitliklerle PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

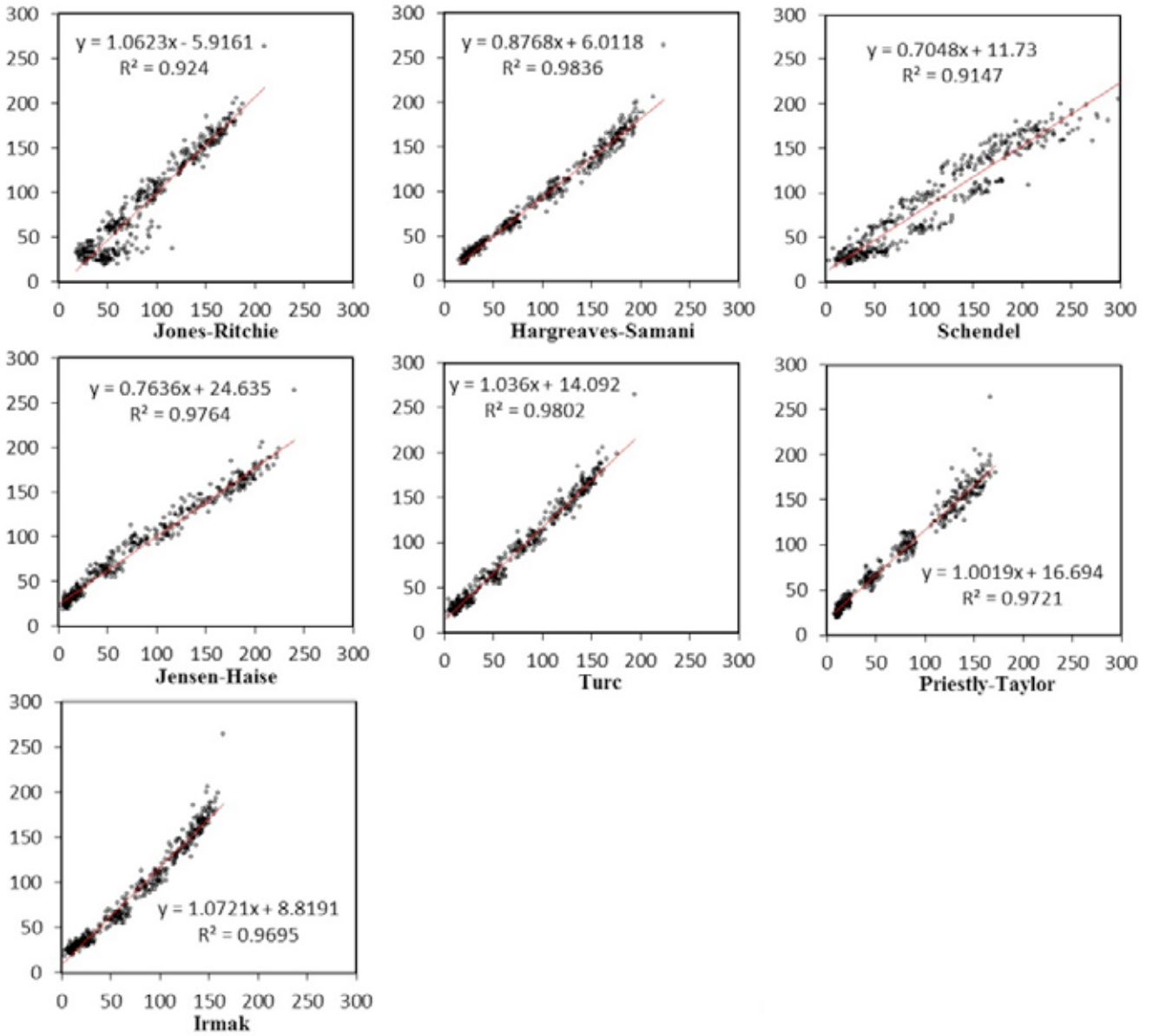


Şekil 1. Aylık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun dönemli (1975-2010) ortalaması

Figure 1. Long-term (1975-2010) average of monthly total evapotranspiration values

Çalışmada kullanılan tüm metotların standart metot olan PM metodu ile ilişkileri incelenmiştir. Tüm istasyonlar için, metotların hepsi PM standart metodu ile yüksek korelasyon (R^2) değerleri göstermiştir. Edirne için 0.91, Tekirdağ için 0.88 korelasyon değeri ile SC metodu PM standart metodu ile en düşük korelasyonu gösterirken, Kırklareli için JR metodu 0.87 değeri ile en düşük korelasyonu göstermiştir (Şekil 2, 3, 4). PM standart metodu ile en yüksek korelasyon değerini ise Edirne için 0.98 değeri ile HS ve TU, Kırklareli için 0.96 değeri ile TU metodu, Tekirdağ için ise 0.98 değeri ile JH metodu göstermiştir (Şekil 2, 3, 4).

Çalışmada dikkate alınan metotların PM standart metoduna göre farklarına bakıldığında, PM ile diğer metotlar arasındaki ilişkiyi diyagramlarındaki yüksek ilişkilerden farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Metotlar incelendiğinde metotlar arasında büyük sapmalar bulunmaktadır. PM metodu ile en yüksek sapmalar SC metodu ile gerçekleşmiştir (Şekil 5). En yüksek sapmaların SC metodu ile elde edilmesinin sebebi SC metodunun sadece sıcaklığa dayalı bir metot olmasından kaynaklı

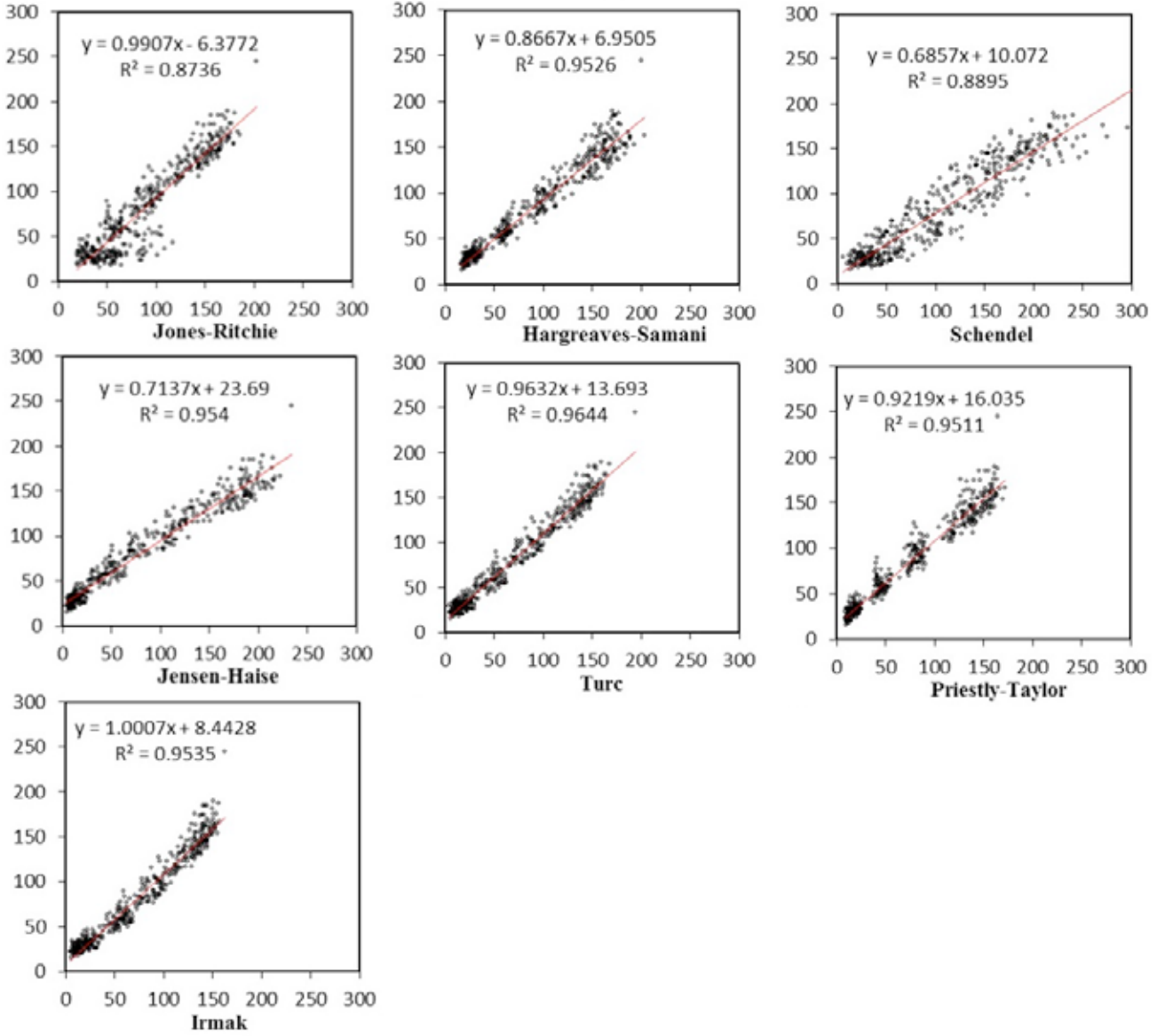


Şekil 2. Edirne için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 2. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Edirne (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

olabilir. Bu durumdan dolayı özellikle sıcaklıkların mevsim normallerinin üstünde gerçekleştiği yıllarda evapotranspirasyon değerleri SC metodunda yüksek değerlere ulaşmış, bu durum da uzun yıllar ortalamada artışa sebep olmuştur. Bununla birlikte, PM standart metodu ile elde edilen yıllık toplam buharlaşma değerinin uzun yıllar ortalamasının çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalamasına yakın bir değere tekabül ettiği, Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5 çalışmada kullanılan metotların PM metodundan olan farklarını göstermektedir.

2015-2040 dönemi için model verileri ile hesaplanan yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinin ortalaması incelendiğinde; Edirne ve Kırklareli için sırasıyla 901 mm ve 908.2 mm değeri ile PT metodu en düşük değerleri verirken, sırasıyla 1663.5 mm ve 1655.3 değeri ile SC metodu en yüksek evapotranspirasyon değerlerini vermiştir. Tekirdağ için ise 941.2 mm değeri ile HS metodu en düşük değeri verirken diğer istasyonlarda olduğu gibi SC metodu 1419.1 mm evapotranspirasyon değeri ile en yüksek değeri vermiştir (Çizelge 2).



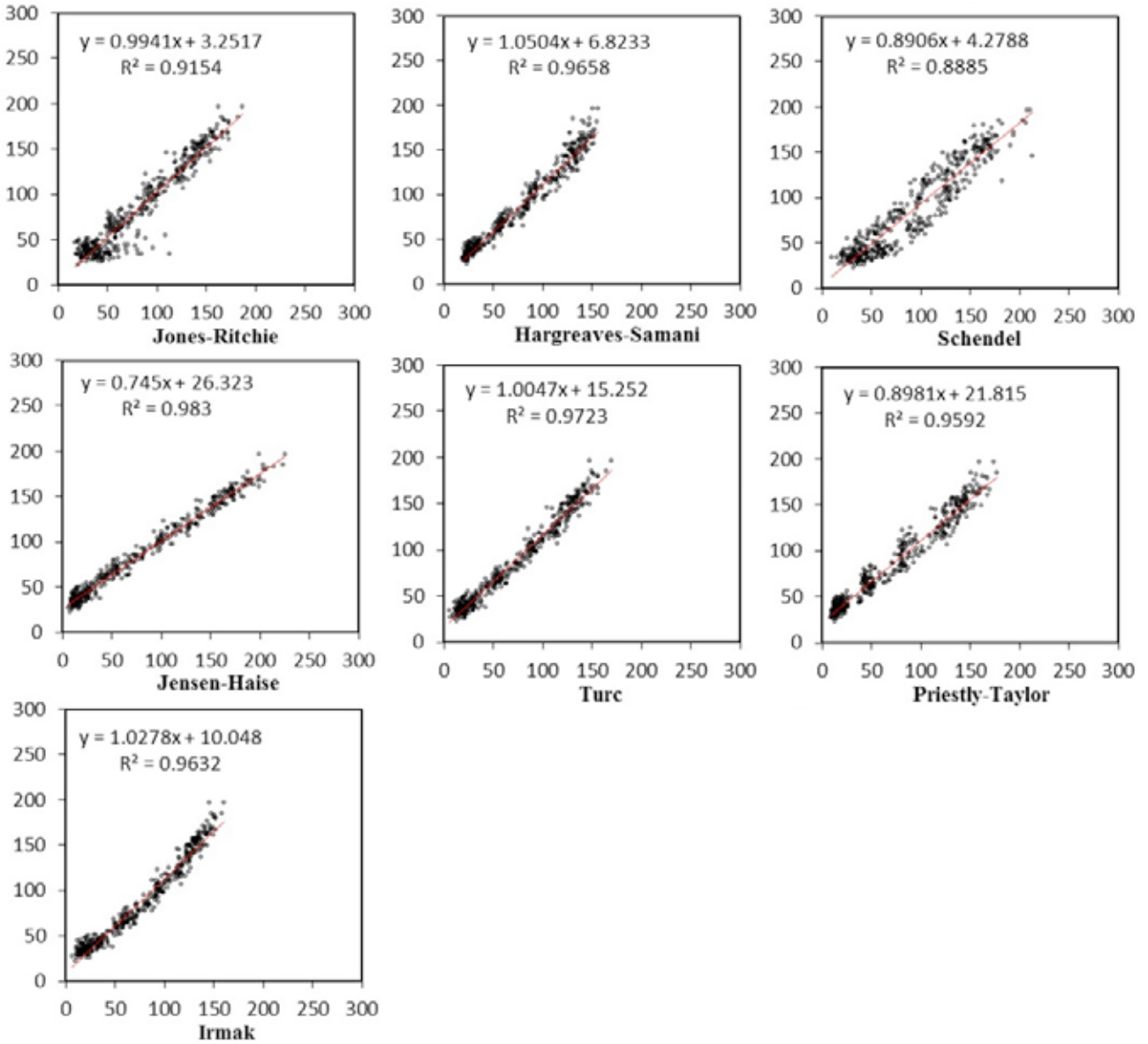
Şekil 3. Kırklareli için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 3. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Kırklareli (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

Çizelge 2. İklim değişikliği kapsamında evapotranspirasyon değişim yüzdeleri (%)

Table 2. Percentages of evapotranspiration changes within the context of climate change (%)

	PT	PT	TU	HS	IR	JH	JR	PM	SC	ORT
Edirne	1975-2010 (mm)	875.3	876.7	1146.5	906.2	1023.8	1081.0	1077.4	1328.8	1039.5
	2015-2040 (mm)	901.0	963.7	1131.3	942.9	1096.4	1113.4	1277.9	1663.5	1136.3
	ARTIŞ (%)	2.9	9.9	-1.3	4.1	7.1	3.0	18.6	25.2	9.3
Kırklareli	1975-2010 (mm)	878.8	870.3	1060.5	900.6	1006.4	1088.1	1002.5	1285.7	1011.6
	2015-2040 (mm)	908.2	945.3	1100.9	931.1	1070.2	1096.0	1236.8	1655.3	1118.0
	ARTIŞ (%)	3.3	8.6	3.8	3.4	6.3	0.6	23.4	28.7	10.5
Tekirdağ	1975-2010 (mm)	866.7	853.1	912.3	894.7	972.1	1007.1	1040.2	1110.3	957.1
	2015-2040 (mm)	964.2	966.0	941.2	988.3	1130.9	1085.9	1211.1	1419.1	1088.3
	ARTIŞ (%)	11.3	13.2	3.2	10.5	16.3	7.8	16.4	27.8	13.7

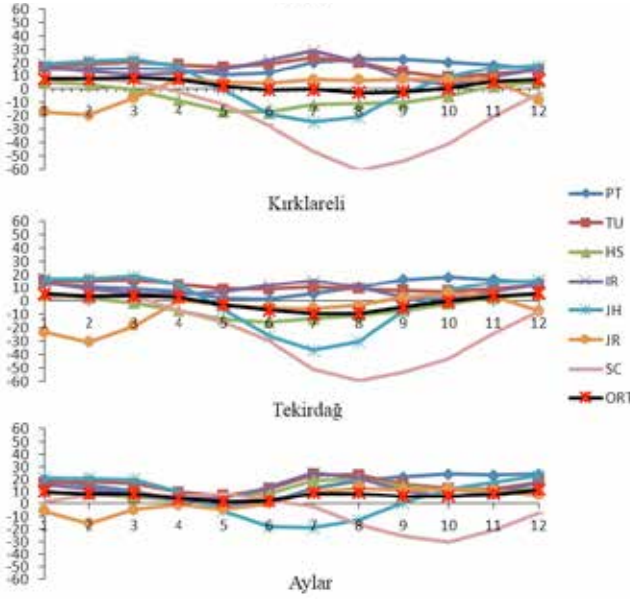


Şekil 4. Tekirdağ için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 4. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Tekirdağ (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

1975-2010 referans dönemine göre 2015-2040 dönemi yıllık toplam evapotranspirasyon verileri incelendiğinde evapotranspirasyonun tüm metotlar ile yapılan hesaplama göre artacağı Çizelge 2'den görülmektedir. Çizelge 2 incelendiğinde, sadece Edirne istasyonu için HS metodunun negatif değer verdiği görülmektedir. HS metodunun Edirne için gösterdiği bu azalış dışında üç istasyon için tüm metotlar, gelecekte evapotranspirasyondan kaynaklı su kayıplarının artacağını açık bir şekilde göstermektedir. 2015-2040 dönemi için Edirne'de PT ve JR metodu; Kırklareli'nde PT, HS

ve IR metodu Tekirdağ'da ise HS metodu ~ %3 bandında bir artış göstermekte olup, üç il için PM standart metodu ile SC metodu ~ %15'i aşan artış değerlerini göstermiştir. PM ve SC standart metotları hariç tüm metotlar Tekirdağ ili için Edirne ve Kırklareli istasyonlarına göre daha yüksek artış değerleri vermiştir. Genel olarak çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalaması dikkate alındığında ise Edirne için %9.3, Kırklareli için %10.5 ve Tekirdağ için %13.7 oranında evapotranspirasyon değerlerinin artacağı hesaplanmıştır.



Şekil 5. Metotlar ve PM metodu arasındaki farklar; aylık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun dönemli (1975-2010) ortalamaları (Fark=PM-Metot, mm)

Figure 5. Differences between the methods and the PM method; long-term (1975-2010) averages of monthly total evapotranspiration values (Difference=PM-Method, mm)

SONUÇLAR

Bu çalışmada, birbirlerinden farklı girdiler ve sabitler kullanarak referans evapotranspirasyon hesabı yapan sekiz metot kullanılmış ve Trakya bölgesinde bulunan üç il (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) için evapotranspirasyon değerleri geçmiş ve gelecek dönem için hesaplanmıştır. Çalışmada, kullanılan sekiz metodun, sekiz metottan biri ve FAO tarafından önerilen standart metot olan PM metodu ile olan ilişkileri incelenmiş ve metotlar arasında yüksek ilişkiler elde edilmiştir. Metotların PM metodu ile olan ilişkileri iyi olmasına rağmen, PM metodu ile diğer metotlarla hesaplanan evapotranspirasyon değerleri arasında yüksek farklılıklar gözlenmiştir. Sekiz metot çerçevesinde, 1975-2010 dönemi için hesaplanan evapotranspirasyon değerleri referans olarak kullanılarak, 2015-2040 gelecek dönemi için model verileri ile hesaplanan evapotranspirasyon değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda HS metodunun Edirne için verdiği azalış dışında tüm metotlar, üç il için gelecek dönemde evapotranspirasyon değerinin artacağını ortaya koymuştur. Özellikle standart metot olan PM metodu, %15'i geçen artış değerleri göstermiştir. Çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalaması dikkate alındığında ise Edirne için %9.3; Kırklareli için %10.5 ve Tekirdağ için %13.7 oranında

evapotranspirasyon değerlerinin artacağı ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, Trakya bölgesinde üç ilde, sekiz metotla yapılan çalışma çerçevesinde evapotranspirasyon değerinin model verilerine göre gelecekte yaklaşık olarak %9-14 bandında artacağı tespit edilmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki, iklim değişikliği modellerin yeni yaklaşımları içerecek şekilde geliştirilmesine ve güncellenmesine devam edilmektedir. Ayrıca, çalışmada kullanılan evapotranspirasyon metotlarında da görüldüğü gibi metotlar, hesaplamalar sonucunda çok farklı evapotranspirasyon değerleri vermektedir. Bu çerçevede, gerçek ölçüm sonuçları ile ülkemiz koşullarına uygun metotların belirlenmesi ve daha sonra bu evapotranspirasyon metotları ve yeni model senaryoları ile benzer çalışmaların yürütülmesi, daha sağlıklı ve doğru değerlendirmeye olanak sağlayacaktır. Bu ve benzeri çalışmaların yapılması, su kaynakları yönetiminde gelecek planlaması açısından önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan meteoroloji istasyon verilerini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, pp. 17-29.

Abtew W, Melesse A (2012). Evaporation and evapotranspiration: measurements and estimations. Springer, New York, ISBN 978-94-007-4736-4, eBook: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4737-1>, 197-202.

Azrak M (2015). İklim değişikliğinin buharlaşmaya olası etkileri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), İstanbul.

Bormann H (2011). Sensivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at german climate stations. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-010-9869-7, 104:729-753.

Hargreaves GH, Samani ZA (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature, applied engineering in agriculture, DOI: 10.13031/2013.26773, 1(2):96-99.

Irmak S, Irmak A, Allen RG, Jones JW (2003). Solar and net radiation-based equations to estimate reference evapotranspiration in humid climates. J Irrig Drain Eng, ASCE 129(5):336-347.

Jensen ME, Haise HR (1963). Estimation of evapotranspiration from solar radiation. journal of irrigation and drainage division, ASCE 89:15-41.

Jones JW, Ritchie JT (1990). Crop growth models. In: Hoffman GJ, Howel TA, Solomon KH (Ed.). Management of Farm Irrigation Systems, The American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 9:63–89. St. Joseph, Michigan.

Kay AL, Bell VA, Blyth EM, Crooks SM, Davies HN, Reynard NS (2013). A Hydrological Perspective on Evaporation: Historical Trends and Future Projections in Britain. Journal of Water and Climate Change, 193-207.

Kişi Ö (2014). Comparison of different empirical methods for estimating daily reference evapotranspiration in mediterranean climate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, DOI:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000664. 140(1).

Moss R, Babiker M, Brinkman S, Calvo E, Carter T, Edmonds J, Elgizouli I, Emori S, Erda L, Hibbard K, Jones R, Kainuma M, Kelleher J, Lamarque JF, Manning M, Matthews B, Meehl J, Meyer L, Mitchell J, Nakicenovic N, O'Neill B, Pichs R, Riahi K, Rose S, Runci P, Stouffer R, Van Vuuren D, Weyant J, Wilbanks T, Van Ypersele JP, Zurek M (2008). Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies. Technical Summary, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, pp25.

Priestley CHB, Taylor RJ (1972). On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, 100:81-92.

Rogelj J, Meinshausen M, Knutti R (2012). Global warming under old and new scenarios using ipcc climate sensitivity range estimates. Nature Climate Change, DOI: 10.1038/NCLIMATE1385, 1-6.

Schendel U (1967). Vegetationswasserverbrauch und wasserbedarf. Habilitation, Kiel, 137.

Şaylan L, Özgür E, Semizoğlu E, Çaylak O, Özkoca Y, Karayusufoğlu S, Çaldağ, B (2011). Evapotranspirasyonun farklı yöntemlerle hesaplanması ve karşılaştırılması. In: Şen O, Kahya C. (Ed.), 5th Atmospheric Science Symposium, 359-367, 27-29 Nisan, İstanbul, Türkiye.

Tabari H, Grimser ME, Trajkovic S (2011). Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. Irrigation Science, DOI 10.1007/s00271-011-0295-z, 2013(31):107-117.

Turc L (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. Annals of Agronomy, 12:13-49.

Xu C-Y, Singh VP (2001). Evaluation and Generalization of temperature based methods for calculating evaporation. Hydrological Processes, 15:305-319.

İhsangazi Tarlalarından Soframıza Kültür Mirası Siyez Buğdayı

Sevinç KARABAK¹ Rahmi TAŞCI¹Vedat CEYHAN²Kürşad ÖZBEK³Hilal YÜCE ARSLAN⁴¹Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara²19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun³Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü, Ankara⁴Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): sevinc.karabak@tarim.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655281

Öz

Bu çalışmada; yerel bir çeşit olan Siyez buğdayının üretiminden tüketimine kadar olan sürecinin detaylı analiz ve yorumunu yapmak ve değer zincirinde yer alan aktörleri belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada detaylı bir araştırma yapabilmek için monografik araştırma tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte bilgiler anket yolu ile elde edilmiştir. Anket çalışmaları 2014 yılında Kastamonu İli İhsangazi ilçesinde 15 yerleşim yerinde (köy, mahalle) 32 üretici ve 44 tüketici ile yürütülmüştür. Üretilen Siyez buğdayının %68'i hayvan beslemede %32'si bulgur yapımında kullanılmaktadır. Üretilen bulgurun ise %11'i evde tüketilmekte, %85'i pazarlanmaktadır. Ortalama 31 yıllık çiftçilik deneyimine sahip üreticilerin yaklaşık %54'ünün elle serpmeye ekim yaptığı, sadece %31'inin üst gübre kullandığı belirlenmiştir. Üst gübre kullanan üreticilerin %70'inin elle serpmeye gübre attığı, tamamına yakınının hastalık ilacı kullanmadığı tespit edilmiştir. Ortalama verim 228 kg/da olarak belirlenmiştir. Üreticilerin büyük bir bölümü buğdayını 2-8 km uzaklıktaki taş değirmenlerde öğütmektedir. Bölgede yıllık kişi başına 14.2 kg Siyez bulguru tüketilmektedir. Siyez buğdayı en çok yetiştirildiği ilçe olan İhsangazi'nin adıyla beraber anılmaktadır ve bölge için önemli bir gelir kaynağıdır. Yerel çeşitlerin korunması ve üreticilerin üretime devamlılığı açısından koruma ve pazarlama stratejilerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler : Bulgur tüketimi, Siyez buğdayı, yerel çeşitler

Cultural Heritage Siyez Wheat From the İhsangazi Farms to the Cuisine

Abstract

The present study aimed to conduct a detailed analysis and give suggestions on Einkorn wheat -a type of local wheat- starting from its production until its consumption and to determine related actors in the value chain. Monography was utilized with a view to carrying out a comprehensive research. In this research method, the information was obtained through a survey. The survey was conducted in 2014 with the participation of 32 manufacturers and 44 consumers in 15 residential settlements (village, quarters) in the district of İhsangazi which is located in the province of Kastamonu. 68% of the Einkorn wheat produced is used in animal feeding, while 32% is used in making of bulgur. 11% of the bulgur produced is consumed in homes and 85% is placed on the market. It was found out that around 54% of the manufacturers with 31 years of experience on average in the field of farming uses

the broadcast sowing method, and only 31% of manufacturers uses the surface-applied manures. Of the manufacturers using surface-applied manures, it was observed that 70% utilizes broadcast sowing method in fertilizing the soil, and that almost none of them uses any pesticides. The average efficiency obtained was determined to be 228 kg/da. The majority of the manufacturers grinds the wheat at stone mills that are located at a distance of 2-8 km from their farms. 14.2 kg Einkorn bulgur per person is produced annually in the region. Einkorn wheat is named after the district with the same name and is a vital source of living in the region. Therefore, it bears significance to define the protection and marketing strategies in terms of the protection of local species and sustainability of their production by manufacturers. .

Keywords: Consumption of bulgur, einkorn wheat, local species

GİRİŞ

Zengin bir biyoçeşitliliğe sahip olan Türkiye aynı zamanda birçok türün de gen merkezidir. Bu türlerden biri olan buğday, ekonomik değerinin yanı sıra sosyo-kültürel ve tarihi bir değer de taşımaktadır. Buğdayın en ilkel formu olarak bilinen ve tarihi yaklaşık 10 000 yıl öncesine dayanan *Siyez* (*einkorn/Triticum monococcum* L.) buğdayı bu kültürel mirasın önemli bir parçasıdır. İza, Kaplıca, Kavulca olarak da adlandırılan *Siyez* ya da *Einkorn* (*Triticum monococcum*), *Triticum boeoticum* türünden yabancı buğday türünün kültüre alınmış formudur. *Triticum dicoccum* buğdayı ile birlikte erken dönemde kültüre alınan buğday türlerindedir. İlk kez Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Karacadağ'da evcilleştirildiği düşünülmektedir (Kimber ve Sears 1983).

Siyez kelimesi bazı yerlerde hem emmer hem de einkorn için kullanılmaktadır (Karagöz 1996, Ertug 2004, Giuliani vd., 2009). Çoğunlukla uzun boylu oldukları için yatan, gübreye tepkisi pek olmayan ve genelde yaprak hastalıklarına hassas

çeşitler (Özberk vd. 2005) olarak bilinmektedir. Tek başakçıklı olması ve sıkı kavuz yapısı ile hastalık ve zararlılara dayanıklı, kurak şartlarda ve fakir topraklarda rekabet gücü yüksek bir tür olan *Siyez* buğdayı, yüksek yağ içeriğine ve ekmeklik buğdaya göre daha fazla sarı lutein oranına sahiptir. Yaygın bir üretime sahip olmamakla birlikte, üretimi çoğunlukla geleneksel metotlarla yapılmaktadır. Daha çok bulgur ve hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, taş değirmenlerde öğütülerek yapılan bulgur ekşili pilav, kuru pilav ve salçalı pilav şeklinde tüketilmektedir. Geleneksel ekmek yapımında kullanılmakla birlikte son yıllarda çok düşük oranlarda un ve eriştesi de yapılmaktadır.

Siyez buğdayı da en fazla Kastamonu ilinde üretilmektedir. Oldukça az miktarlarda Bolu, Sinop ve Samsun ilinde birkaç çiftçi tarafından ekimi devam ettirilmektedir. Kastamonu ili İhsangazi ilçesi en fazla ekim alanına sahiptir ve bulgur için üretimi yapılmaktadır. Kastamonu Tarım ve Orman İl Müdürlüğü 2014 yılı kayıtlarına göre Kastamonu'da

Çizelge 1. 2014 yılı Kastamonu İli *Siyez* buğdayı ekim alanı ve bulgur üretimi

Table 1. *Einkorn wheat cultivation area and bulgur production in Kastamonu province in 2014*

İlçe Adı	Ekilen Alan (da)	Üretim (ton)	Bulgur (ton)*	
İhsangazi	5000	1250	225	900
Seydiler	750	187.5	112.5	
Merkez	425	106.25	32	53
Devrekani	200	50	15	25
Araç	100	25	3	20
Taşköprü	100	25	7.50	12.5
Daday	75	18.75	10	1.80
Ağlı	40	10		10
Toplam	6690	1672.5	405	1022.3

Kaynak: Kastamonu Tarım ve Orman İl Müdürlüğü (2014)

*Bulgur Verimi % 60 randımanla hesaplanmıştır.

Çizelge 2. 2015 Yılı Kastamonu İli Siyez buğdayı ekiliş alanı**Table 2.** Kastamonu province einkorn wheat cultivation area in 2015

İlçe Adı	Ekilen Alan (da)
İhsangazi	6000
Seydiler	790
Merkez	530
Devrekani	200
Taşköprü	100
Araç	100
Daday	75
Ağlı	40
Toplam	7835

Kaynak: Kastamonu Tarım ve Orman İl Müdürlüğü (2015)

1000 düzeyinde Siyez üreticisi bulunmaktadır. Bunun yaklaşık 750 kadarı İhsangazi ilçesindedir. Siyez bulguru bu bölge halkı için geleneksel bir ürün özelliği taşımaktadır. Yöre halkı için önemli bir gelir kaynağı olmasına rağmen il içi ve il dışı bitkisel üretim ve ticaretle çok az bir paya sahiptir. 2014 yılında Kastamonu'da toplam 6690 da Siyez buğdayı ekilmiş ve 405 ton bulgur üretilmiştir. 2015 yılında ise ekim alanı 7835 dekara yükselmiştir. İhsangazi, merkez ve Seydiler ilçesinde 2014 yılına göre ekim alanlarının arttığı görülmektedir. 2015 yılında İhsangazi'de toplam ekim alanı 6 000 dekara ulaşmıştır (Çizelge 1, 2). Kastamonu'da ayrıca oldukça düşük miktarda çatal Siyez de (*Triticum dicoccum*) üretilmekte ve genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. İşleme zorlukları, sınırlı pazarlama imkanı ve talep yetersizliği, ürün ekiminin azalmasında kilit faktörlerdir. Emmer'in yoksul topraklara adapte olabilmesine ve düşük girdi ihtiyacına rağmen, pazar fırsatlarının yetersiz olması üretimi engelleyen önemli bir faktördür (Giuliani vd., 2009).

Son yıllarda sağlıklı gıdalara ve yerel ürünlere olan talebin artması ile Siyez bulguruna da talebin arttığı görülmektedir. Ancak talep artışına rağmen üretimde yeterince artış sağlanamadığından piyasa değeri giderek yükselmekte ve tüketicinin alım gücünü zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle üretimden tüketime kadar olan sürecin analiz ve yorumunu yapmak, pazarlama fırsatları hakkında fikir üretmek, çeşidin çevresel, sosyo-ekonomik ve beslenme açısından sürdürülebilirliğini araştırmak, yeni politikaların geliştirilmesi için politika yapıcılara veri sağlamak amaçlanmıştır. Aynı zamanda çalışmadan elde edilen veriler değer zinciri analizi araştırması için önemli bir kaynak oluşturmuştur.

Bu çalışma; Bioversity International tarafından küresel olarak, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından ulusal olarak yürütülen, UNEP ve FAO'nun uygulayıcı olduğu ve Küresel Çevre Fonu tarafından desteklenen, "Beslenme ve Gıda İçin Biyoçeşitlilik Projesi (BFN)" kapsamında yapılan sosyo-ekonomik çalışmaların bir bölümüdür.

MATERYAL VE YÖNTEM

BFN projesi kapsamında yapılan sosyo-ekonomik çalışmalarda 41 adet yabancı tür ve 2 adet yerel bürülce ve yerel buğday çeşidinin üretiminden tüketimine kadar olan süreç detaylı olarak araştırılmıştır. Çalışmada yerel buğday çeşidi olarak Siyez seçilmiştir. Bu kapsamda; Siyez buğdayı ile ilgili araştırma üretimin en fazla olduğu Kastamonu İli İhsangazi ilçesinde yürütülmüştür.

Çalışmada monografik araştırma tekniği kullanılmıştır. Monografi: sınırları belirlenmiş tek bir konu üstünde uygulanan bir araştırma tekniğidir. Kısaca sınırlı bir konunun, derinlemesine incelenmesidir. Bu teknikte bilgiler anket yolu ile elde edilmiştir. Aynı zamanda yerleşim yerleri ve pazarlarda ön bilgi toplama çalışması yapılmıştır. Örnek sayısı ana kitleyi temsil edecek şekilde gayeli olarak seçilmiştir.

Anket çalışmaları 2014 yılında Kastamonu İli İhsangazi ilçesinde 15 yerleşim yerinde (köy, mahalle) 32 üretici ve 44 tüketici ile yürütülmüştür. Araştırmanın birincil verileri anket yolu ile elde edilen verilerden, ikincil verileri ise Kastamonu ve İhsangazi Gıda Tarım ve Hayvancılık İl ve İlçe Müdürlüklerinden, sahada yapılan ön araştırmalar ile sağlanan verilerden ve literatür taramalarından oluşmaktadır.

Çalışmanın amaçları doğrultusunda anketler ile:

- Yetiştirme tekniği, işleme, pazarlama,
- Ticari çeşitlerle rekabet durumu,
- Tüketim şekli, miktarı, tüketim sıklığı,
- Üretimin sürdürülebilirliği,
- Üretici ve tüketicilerin biyoçeşitlilik ve çevresel farkındalıkları,
- Unutulmaya yüz tutmuş geleneksel bilgileri detaylı araştırılmıştır.

Verilerin analizinde ağırlıklı ortalamalar, frekans dağılımları, oransal dağılımlar gibi temel istatistikler kullanılmıştır. Yerel ve ticari çeşitlerin karşılaştırılmasında ise elde edilen verilerin ortalamalarının karşılaştırılması yerine Siyez bulguru ve ticari bulgur çeşitlerinin medyanlarının karşılaştırılması amacıyla Mann-Whitney U testi (Sokal ve Rohlf 1981; Özdamar, 2004; Özmutaf 2004) gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Anket yapılan üreticilerin yaş ortalaması 51 olup, %53'ü ilkokul, %31'i ortaokul ve %16'sı lise mezunudur. Ortalama hane halkı büyüklüğü 5.9 kişi olup, hane halkının %49'u erkek, %51'i kadın nüfusundan oluşmakta ve %77'si tarımla uğraşmaktadır. Üreticilerin tarımsal deneyimleri ortalama yaklaşık 34 yıl, Siyez yetiştirme deneyimleri ise ortalama yaklaşık 31 yıldır.

Ortalama işletme büyüklüğü 90 dekar, parsel sayısı ortalama 21 ve toplam ekilen arazinin %81'i mülk arazilerdir. Üreticilerin %16'sının kendilerine ait arazisi bulunmamaktadır.

Anket yapılan Siyez üreticilerinin yaklaşık %44'ü sadece ev tüketimi için üretim yaparken %56'sı hem ticari hem de ev tüketimi için üretim yapmaktadırlar. Son on yılda üreticilerin %50'si Siyez ekim alanlarını değiştirmediklerini, %34'ü arttırdıklarını ve %16'sı ise azalttıklarını ifade etmişlerdir. Genel olarak büyük çoğunluğu on yıldır verimde değişiklik olmadığını belirtmiştir.

Siyez buğdayının yetiştirme tekniği

Bölgede Siyez buğdayı kıraç alanlarda yetiştirilmektedir. Teknolojinin az kullanıldığı bu alanlarda 25 Ekim-7 Kasım arasında ekim yapılmakta ve üreticilerin %54'ü elle serpmeye ekim yaparken,

%28'i mibzer ile ekmektedir. Üreticilerin %18'i ise hem elle hem de mibzer ile ekim yapmaktadır.

Dekara ortalama olarak yaklaşık 31 kg tohum atılmakta ve tamamı kendi ürettikleri tohumu kullanmaktadır. Üreticilerin %69'u tohum ilaçlaması yapmamaktadır. Tohumluk fiyatları 1.2-1.5 TL/kg arasında değişmektedir.

Üreticilerin %94'ü taban gübresi, taban gübresi atanların yaklaşık %33'ü ise üst gübre atmaktadır. Hiç gübre kullanmayanların oranı %6'dır. Taban gübresi atanların %63'ü kimyasal gübreler, yaklaşık %17'si ahır gübresi atarken, %20'si her ikisini de kullanmaktadır. Genel olarak kompoze gübre tercih edilmekte ve dekara ortalama 21 kg atılmaktadır. Üreticilerin %70'i elle gübre atmaktadır. Üst gübre olarak çimen tozu ve üre tercih edilmektedir.

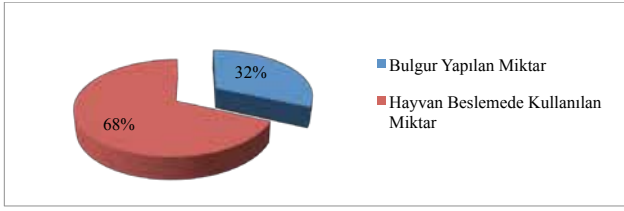
Üreticiler hastalık ve zararlılarla mücadele için ilaç kullanmazken, yabancı ot ilaçlamasını sadece %41'i yapmaktadır.

Hasat dönemi 10 Temmuz-22 Ağustos arasında değişmektedir. Elle hasat yapanların oranı oldukça düşük olup genellikle biçerdöver ve harman makinası ile hasat yapılmaktadır. Çoğunluğu ticari çeşitlerden daha geç hasat yapmaktadır. Elde edilen ortalama verim 228 kg/da düzeyindedir. Türkiye genelinde Kan vd. (2011)'nin yapmış olduğu çalışmada yerel buğday hasadında biçerdöver, biçme, orak ve tırpan kullanıldığı ifade edilmiştir.

Üreticilerin %47'si Siyez buğdayı üretiminde problem yaşadıklarını belirtmiştir. Pazarlama problemi birinci sırada yer almakta olup bunu; yatma ve kuraklık problemleri, satış fiyatının düşük olması, biçerdöver ile hasatta tane kaybı ve mazotun pahalı olması izlemektedir.

Siyez buğdayının tasarruf şekli ve pazarlama

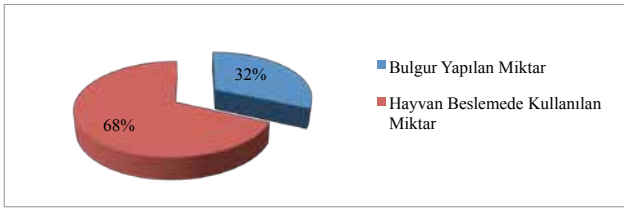
Siyez buğdayının samanı hayvan beslemede, taneleri bulgur yapımında ve kanatlı hayvan beslemede kullanılmaktadır. Üretilen buğdayın sadece %32'si bulgur yapılmaktadır (Şekil 1). Üreticilerin yaklaşık %68'i kalan buğdayı kiler, ambar ve evlerinin bir odasında muhafaza etmektedir. Siyez üretimi çoğunlukla hayvancılıkla uğraşan düşük geliri küçük aile işletmeleri tarafından devam ettirilmektedir. Özellikle dağlık alanlarda küçük işletmelerde ev ihtiyacına yönelik üretim yapılmaktadır (Kan vd., 2011).



Şekil 1. Siyez buğdayının tasarruf şekli (%)
Figure 1. The saving type of Einkorn wheat (%)

Üreticilerin %12.5'i Siyez buğdayını kendi değirmenlerinde, yaklaşık %27'si buldukları köy içindeki değirmenlerde, %60,5'i ise ortalama 8 km uzaklıktaki köy dışı değirmenlerde öğütmektedir.

Hasat sonrası harman, ayıklama, yıkama, pişirme gibi ön hazırlıklar tamamlandıktan sonra taş değirmenlerde öğütülen bulgur ev ihtiyacı ayrıldıktan sonra pazara sunulmaktadır. Üretilen bulgurun yaklaşık %11'i ev ihtiyacı için kullanılırken %85'i pazarlanmaktadır (Şekil 2). Ürün pazara ilk olarak Ağustos ayında satışa çıkarılmakta, pazarda şubat ayına kadar satışta kalmaktadır.



Şekil 2. Siyez bulgurunun tasarruf şekli
Figure 2. The way of saving einkorn bulgur

Pazarlama imkânlarının kısıtlı olması üreticilerin önemli problemlerinden biridir. Üreticilerin yaklaşık yarısı ürettiği bulgurun bir kısmını pazarlamaktadır. Bulgur pazarlayan üreticilerin %60'ı ürünü kendisi yerel pazara götürmektedir. Direk üreticiye satış fiyatı ortalama 5 TL/kg'dır. Diğer üreticiler ise yerel pazarda toptancı veya tüccarlara satış yapmaktadır. Aracı veya toptancıya satış fiyatı ise yaklaşık 4,8TL/kg'dır. Fiyatlar piyasa şartlarına ve alıcıya göre oluşmaktadır. Siyez bulgurunun pazardaki en düşük fiyatı 3,9 TL/kg, en yüksek fiyatı 6,5 TL/kg'dır. Ticari buğday çeşitlerinden elde edilen bulgurun yerel pazarlardaki ortalama satış fiyatı 1.5 TL/kg'dır.

Siyezın işlenmemiş buğday olarak satış fiyatı yaklaşık 0,86 TL/kg, ticari buğdayların ise yaklaşık 0.56 TL/kg olduğu, Siyez buğdayının ticari buğdaya oranla %53.6 oranında daha yüksek fiyatla satıldığı belirlenmiştir.

Siyez ve ticari buğday çeşitlerinin bazı özellikler açısından karşılaştırılması

Siyez üreticilerinin %66'sı aynı zamanda ticari buğday çeşitlerini de ektiklerini ifade etmişlerdir. Siyez buğdayı ile ticari buğday çeşitleri bazı özellikler açısından karşılaştırıldığında; ticari çeşitlerin yatmaya karşı dayanıklılık ve bulgur veriminin Siyez bulguruna göre daha iyi olduğu, incelenen diğer özelliklere açısından Siyez buğdayının ticari çeşitlere göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Siyez buğdayı ve ticari buğday çeşitlerinin medyanlarının karşılaştırılması amacıyla

Çizelge 3. Siyez ve ticari çeşitlerin bazı kriterler açısından karşılaştırılması

Table 3. Comparison of Einkorn wheat and commercial wheat varieties in terms of some criteria

Çeşit Özellikleri*	Siyez Buğdayı		Ticari Buğdaylar		Toplam	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
Verim	1.800	0.847	2.033	0.809	1.917	0.829
Hastalıklara karşı dayanıklılık	1.600	0.855	2.267	0.640	1.933	0.821
Zararlılara karşı dayanıklılık	1.600	0.855	2.233	0.679	1.917	0.829
Soğuğa karşı dayanıklılık	1.633	0.850	2.233	0.626	1.933	0.800
Kuraklığa karşı dayanıklılık	1.933	0.740	2.267	0.583	2.100	0.681
Pazar fiyatı	1.600	0.855	2.433	0.679	2.017	0.873
Yatmaya karşı dayanıklılık	2.500	0.682	1.933	0.868	2.217	0.825
Saman kalitesi	1.733	0.868	2.000	0.830	1.867	0.853
Saman verimi	1.667	0.844	2.133	0.776	1.900	0.838
Bulgur kalitesi	1.467	0.860	2.367	0.490	1.917	0.829
Bulgur verimi	2.233	0.935	2.167	0.791	2.200	0.860

*1:İyi, 2:Normal, 3:Kötü

Çizelge 4. Mann-Whitney U testi**Table 4.** Mann-Whitney U test

Çeşit Özellikleri	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Verim	379.000	844.000	-1.116	.265
Hastalıklara karşı dayanıklılık	244.000	709.000	-3.234	.001
Zararlılara karşı dayanıklılık	255.500	720.500	-3.056	.002
Soğuğa karşı dayanıklılık	259.500	724.500	-2.993	.003
Kuraklığa karşı dayanıklılık	338.000	803.000	-1.829	.067
Pazar fiyatı	216.500	681.500	-3.682	.000
Yatmaya karşı dayanıklılık	288.000	753.000	-2.582	.010
Saman kalitesi	370.000	835.000	-1.266	.206
Saman verimi	309.000	774.000	-2.219	.026
Bulgur kalitesi	171.500	636.500	-4.376	.000
Bulgur verimi	419.500	884.500	-.489	.625

gerçekleştirilen Mann-Whitney U testi analiz sonucunda verim, saman kalitesi ve bulgur verimi haricinde Siyez buğdayı ve ticari buğday arasında diğer özellikler açısından farklılık olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Her iki tablo değerlendirildiğinde ticari çeşitlerin Siyez buğdayına göre yalnızca yatmaya karşı daha dayanıklı olduğu ($p = 0.01$); verim, saman kalitesi ve bulgur verimi açısından herhangi bir farklılık bulunmadığı, incelenen diğer tüm değişkenler açısından ise Siyez buğdayının daha iyi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Üretime devam etme isteği ve biyoçeşitlilik

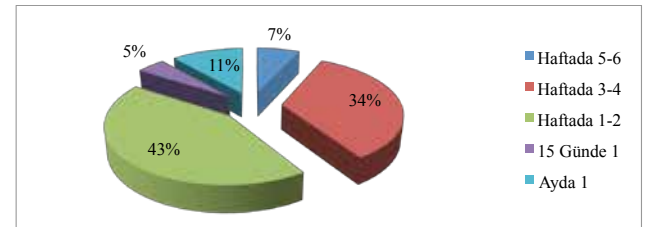
Üreticilerin tamamı üretime devam etmeyi istediklerini belirtmişlerdir. Devam etme nedenlerini ise; bulgur için, gelir kaynağı, geleneksel bir ürün, fiyatı yüksek ve hayvan yemi olarak kullanmak için şeklinde sıralamışlardır. Son beş yıl içinde Siyez buğday üretimine yönelik bir yatırım yapıp yapmadıkları sorulduğunda; yaklaşık %9'u paketlenme ünitesi, ekim mibzeri ve sortex cihazı aldıklarını bildirmişlerdir. Büyük bir bölümü ileride çocuklarının devam ettirmesini istemelerine rağmen çocukların istekli olmadıklarını ifade etmişlerdir.

Son on yılda çevrelerinde biyoçeşitlilik açısından değişiklik olup olmadığı sorusuna üreticilerin %50 si "evet/var" cevabını vermiştir. Bu değişiklikleri; iklim değişti (kışlar azaldı, sıcaklık arttı) ve böcekler arttı şeklinde ifade etmişlerdir.

Kaybolan bitki türleri var mı sorusuna ise 3 kişi "Evet: Selvi kavağı, kendir ve burçak", kaybolan böcek ve hayvan türlerine %25'i: "Alakarga, keklük, yerli sığır" cevabını vermiştir. Kaybolma nedeni olarak gübreleme, tarım ilaçları ve hastalıklar gösterilmiştir.

Siyez bulgurunun tüketim miktarı ve sıklığı

Araştırma sonuçlarına göre; yıllık Siyez bulguru tüketim miktarı hane başına 84 kg, kişi başına 14.2 kg olarak belirlenmiştir. Bölgede Siyez bulguru geleneksel bir ürün olması nedeniyle hane ve kişi başına tüketim miktarı yüksek seviyelerdedir. Yapılan bazı araştırmalarda; Türkiye'de bulgur tüketiminin kişi başına ortalama 12 kg olduğu ancak doğu bölgelerinde 23 kg'a kadar yükseldiği, batı bölgelerinde ise 7 kg'a kadar düştüğü belirlenmiştir (Bayram 2000, Bayram ve Öner 2002).

**Şekil 3.** Siyez bulgurunun tüketim sıklığı(%)**Figure 3.** Frequency of consumption of Einkorn bulgur (%)

Tüketicilerin %43'ü haftada 1-2 kez tüketirken, %34'ü 3-4 kez tüketmektedir. Haftada 5-6 kez tüketenlerin oranı %7 seviyesindedir.

Tüketim şekli genellikle ekşili Siyez pilavı, kuru bulgur pilavı, çorba, dolma içi ve kısırdir. Ekşili Siyez pilavı tamamen yöreye has olup yenilebilir yabani otlarla yapılmaktadır.

SONUÇLAR

Siyez buğdayı hakkında gen kaynağı olarak kalitesi ve morfolojik özellikleri açısından birçok

çalışma bulunmaktadır. Ekonomik açıdan değerinin düşük olması sosyo-ekonomik çalışmaların sınırlı kalmasına neden olmuştur. Ancak yerel çeşitler ve yenilebilir yabancı türler, organik ürünler günümüzde giderek artan bir değer kazanmaktadır. Sağlıklı beslenme isteği, diyetler ve doğal ürünler tüketme arzusu tüketim alışkanlıklarını da etkilemiştir. Bu çalışma ile Siyez buğdayının değer zincirinde yer alan aktörleri belirlemek, üretimden tüketime kadar olan aşamayı detaylandırmak, ticari çeşitlerle rekabet edebilme gücünü ortaya koymak amaçlanmıştır.

Kastamonu ilinde Siyez üretimi açısından büyük potansiyel olmasına rağmen üretim miktarı oldukça düşüktür. İhsangazi yöresinin diğer tarım ürünlerinin ekimi için elverişsiz olması, kuraklığa ve verimsiz toprağa dayanıklı olan Siyez buğdayını ilçe için en önemli tarım ürünü haline getirmiştir (Zengin, 2015).

Siyez buğdayı İhsangazi ilçesi için önemli bir kültür mirası, geleneksel bir gıda ve gelir kaynağıdır. Birçok yerde İhsangazi Siyez buğdayı olarak anılmasının en önemli nedeni üretiminin en fazla bu ilçede yapılmasıdır. Birkaç yıl öncesine kadar ilçede festivaller, sosyal aktiviteler düzenlenmiş ve tanıtımına ağırlık verilmiştir. Görsel basın tanıtım ve tüketimde oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Siyez yetiştiriciliği diğer yerel çeşitlerde olduğu gibi daha çok dağlık ve küçük alanlarda yapılmaktadır. Bu nedenle teknoloji kullanımı oldukça düşüktür. Ekimi, bakımı, harmanı elle yapılmakta ve taş değirmenlerde öğütülerek bulgur elde edilmektedir. Kastamonu'da Seydiler ilçesinde bir adet bulgur fabrikası bulunmaktadır. Fabrikada un, erişte gibi farklı ürünler de üretilmeye başlanmıştır.

Siyez üreticilerinin en önemli problemi pazarlama imkânlarının kısıtlı olmasıdır. Yerel pazarlarda ürünü tüketiciye direk kendileri satmaktadır. Bir kısmı aynı zamanda yerel pazarda aracı-toptancılara da satış yaptıklarını ifade etmişlerdir. Üretim sınırlı olması büyük pazarlarda ürünün yer almasına ve talebi karşılayamamasına sebebiyet vermektedir. Hayvan yemi olarak kullanılan miktarın bir kısmı bulgur üretimine aktarılabilir ve üreticiler yerel çeşit ekimine teşvik edilebilir ise bulgur üretiminde artış sağlanabilecektir.

Ticari çeşitlere oranla işlenmiş ürün olarak üreticiye daha fazla gelir getirmektedir. Ayrıca ticari çeşitlere oranla daha az girdi kullanıldığından, üretim maliyeti daha düşüktür. Siyez ve ticari buğday çeşitleri çeşit özellikleri açısından karşılaştırıldığında Siyez'in yatma problemi ve pazarlama fırsatları dışında daha fazla öne çıktığı görülmüştür. Yatma problemi ile ilgili olarak yetiştirme tekniği konusunda detaylı araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Fakir topraklarda iyi performans göstermesi daha az ilaç ve gübre kullanımı nedeniyle organik ürün yetiştiriciliğine oldukça yatkındır. Bölgede 2-3 üretici dışında organik üretim yapan ve sertifika alan üretici bulunmamaktadır. Bazı pazarlarda Siyez bulguru yüksek fiyatlarla organik ürün stantlarında yer almakta ancak sertifikası bulunmamaktadır. Organik ürün yetiştiriciliği içinde yerel çeşitlerin kullanılabilirliği araştırılması gereken bir diğer husustur.

Üreticilerin çoğunluğu Siyez buğdayı üretimine devam etmeyi istemektedirler ancak üretimi arttırmaya yönelik bir yatırım planları bulunmamaktadır.

İhsangazi ilçesinde Siyez bulguru oldukça sık ve yüksek miktarda tüketilmektedir. Tüketiciler tarafından geleneksel bir gıda ve diğer bulgurlara nazaran daha lezzetli olduğu için çok tüketildiği vurgulanmıştır. Yöreye has olan ekşili bulgur pilavı en fazla tüketilen yemektir.

Siyez yetiştiricileri son yıllarda çevrelerinde biyoçeşitlilik açısından birtakım değişiklikler olduğunu, bazı bitki ve hayvan türlerinin yok olduğunu ifade ederken böcek popülasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Bunlara neden olarak tarımda kimyasal kullanımını göstermişlerdir. Son on yıl içinde iklimde de değişiklikler olduğu, sıcaklıkların arttığı, kışların daha kısa geçtiği aktarılmıştır. Ancak bu durumun Siyez buğdayı üretimine etkisi konusunda fikir beyan etmemişlerdir.

Bölgede Siyez yetiştiriciliği gittikçe daha cazip hale gelmektedir. Ancak pazarlama imkânlarının kısıtlı olması çözüm bekleyen başlıca problemdir.

Siyez buğdayının önemli bir gen kaynağı ve bir kültür mirası olması; korunmasına, üretimi artırıcı ve alternatif pazarlama stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu stratejilerin aynı zamanda tüm yerel çeşitleri kapsaması önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Araştırmanın gerçekleştirilmesinde emeği geçen "Gıda ve Beslenme için Biyoçeşitlilik Projesi" ekibine, Kastamonu İl ve İlçe Tarım ve Orman Müdürlüklerine ve Siyez buğdayı üreticilerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Ertug F (2004). Recipes of old tastes with einkorn and emmer wheat. TÜBA-AR 7:77- 188.

Giuliani A, Karagöz A, Zencirci N (2009). Emmer (Triticum dicoccon) production and market potential in marginal mountainous areas of Turkey. Mountain Research and Development, 29 (3): 220-229.

Kan M, Küçükçongar M, Keser M, Mourgonov A, Kaya Y, Dönmez E, Özbek K, Karabak S, Taşçı R, Ulucan O, Çakmak M, Yüksel S, Karadaş K, Denizer B (2011). The diversity of wheat land races in Turkey and their potential to use in breeding, 3-4 October 2011, Bakü, Azerbaycan.

Karagöz A (1996). Agronomic practices and socioeconomic aspects of emmer and einkorn cultivation in Turkey. In Padulosi, S., K. Hammer and J. Heller (eds). Hulled Wheat. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops, 4, 172-177. Proceedings of the First

International Workshop on Hulled Wheats, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy 1995. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.

Kimber G, Sears ER (1983). Assignment of genome symbols in the Triticea. In Proceedings of the 6th International Wheat Genetic Symposium', (S. Sakamoto, ed.), Plant Germplasm Institute, Kyoto University, Kyoto, Japan, 1195-1196.

Özberk İ, Özberk F, Atlı A, Cetin L, Aydemir T, Keklikci Z, Önal MA, Braun HJ (2005). Durum wheat in Turkey; yesterday, today and tomorrow. durum wheat breeding: current approaches and future strategies. (Ed) Royo C, Nachit, MN, Difonzo N, Araus JL, Pfeiffer WH, Slafer GA, Chapter: 33. The Howard Press Inc., USA. p. 1049.

Özdamar K (2004). Statistical data analysis with package programs: I (in Turkish). Kaan Kitabevi, Genişletilmiş 5. Bası, Eskişehir, 279-340, 487- 504.

Özmutaf NM (2004). Introduction to biostatistics (in Turkish), Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, 186-190.

Sokal RR, Rohlf FJ (1981). Biyometry. 2nd Ed., W. H. Freeman Com., San Francisco, 429-432.

Zengin G (2015). Bazı ilkel buğdaylarda kalite parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği, Yüksek lisans tezi, Konya.

Toprak pH'sını Etkileyen Bazı Materyallerin Hububat Tarımında Kullanımı

Kadir UÇGUN^{1,*}  Caner KELEBEK² Murat CANSU³ Mesut ALTINDAL³ Bilal YALÇIN³

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Karaman

²Özel Tarım Danışmanı-Ulubey, Uşak

³Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir, Isparta

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): kadirucgun@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655284

Öz

Toprak pH'sı besin elementlerinin yararlanılabilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olup hububat yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Orta Anadolu'nun tarım alanlarında yüksek düzeydedir. Yüksek olan toprak pH'sının düşürülmesi için piyasada birçok ürün bulunmaktadır. Bu çalışma 2016 yılında yapılmış ve bazı ürünlerin toprak pH'sı üzerine etkileri incelenmiştir. Uşak ilinin Ulubey ilçesinde arpa yetiştiriciliği yapılan bir tarım arazisinde 4 farklı uygulama (Kontrol, Sulu Kükürt, Bentonitli Kükürt + Çiftlik Gübresi, Leonardit) ekimle birlikte yapılmıştır. Bitki gelişimin aktif ve hızlı olduğu Mart, Nisan ve Mayıs aylarının ortasında (3 dönemde) 0-20 cm derinliğinden toprak örnekleri alınarak bu topraklarda EC ve pH ile bitkiye yararlı Fe, Cu, Mn ve Zn analizleri yapılmıştır. Hasat zamanında ise başak örnekleri alınarak tanelerin besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Varyans analizleri göre yapılan uygulamaların Mart ve Nisan ayında alınan toprakların pH'sı üzerine etkisi olmamış fakat Mayıs ayının ortasında alınan topraklarda önemli bir etkinin olduğu tespit edilmiştir. Bentonitli Kükürt + Çiftlik Gübresi uygulamasının yapıldığı parselde en düşük pH değerleri elde edilirken diğer ürünlerin uygulandığı parsellerden daha yüksek ve birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. pH'nın düşük olduğu parsellerde bitkiye elverişli Fe ve Mn değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Uygulamalarının başakların N, P, K, Mg ve Fe içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmuş ve Mg hariç diğerlerinde Bentonitli Kükürt + Çiftlik Gübresi uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Arpa, besin elementi, kükürt, leonardit, pH

Using of Some Materials Affecting Soil pH in Cereal Cultivation

Abstract

Soil pH is one of the most important factors affecting the availability of nutrients and is high in the agricultural areas of Central Anatolia where cereal cultivation is intensively done. There are many products on the market to reduce the high soil pH. This study was carried out in 2016 and the effects of some products on soil pH were investigated. 4 different applications (control, liquid sulfur, sulfur with bentonite + manure, leonardite) were carried out simultaneously with sowing in an agricultural field where barley cultivation in Ulubey district of Uşak province. Soil samples were taken from 0-20 cm soil depth in the middle of March, April and May (3 periods) in which plants growing is active and speed and EC, pH and available Fe, Cu, Mn and Zn were determined in collected soils. At harvest time,

grain samples also were taken and nutrient contents were determined. According to variance analysis, it was determined that the treatments did not have an effect on the pH of the soil taken in March and April but it was found to be an important effect in the soil taken in the middle of May. The lowest pH values were obtained from sulfur with bentonite + manure, while the other products had higher and closer results each other. Fe and Mn values were found to be higher in the soil where pH was low. The treatments were statistically important on the N, P, K, Mg and Fe content of the grains except Mg and the highest values were obtained from the applications of sulfur with bentonite + manure.

Keywords: Barley, leonardite, nutrient, pH, sulfur

GİRİŞ

Türkiye topraklarının büyük bölümünün pH'sı 7'nin üzerinde olup kireç içerikleri de yüksektir (Güçdemir, 2006). Toprak pH'sı asitlik ($\text{pH} < 7$) ve alkaliliğin ($\text{pH} > 7$) bir ölçüsüdür. Asit topraklar yüksek oranda H^+ iyonlarına sahip iken alkali topraklar düşük H^+ iyonlarına sahiptir (Anonymous, 2013). Toprak pH'sı logaritmik bir özellik olduğu için her bir birim değerinden 10 kat daha fazla yada daha az asidiktir. Örneğin pH'sı 6.0 olan bir solüsyonda pH'sı 7.0 olana göre 10 kat daha fazla H^+ iyonları bulunmaktadır. Toprak pH'sı hem asit (H^+ , Al^{+3} , Fe^{+2} , Fe^{+3}) hem de baz (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+) formundaki katyonlardan da etkilenmektedir. (McCauley vd., 2017).

Organik madde ve pH, toprak özelliklerini ve bitki besin elementlerinin yararlılığını güçlü bir şekilde etkilemektedir. Bir toprağın besin elementlerini tutması ve bitkiye sunması katyon ve anyon değişim kapasitesi ile ilgilidir. Katyon ve anyon değişim kapasitesi toprak pH'sı tarafından etkilenir. Kil ve organik madde miktarı yüksek olan toprakların katyon değişim kapasiteleri ve tamponlama kapasitesi yüksektir. Toprak pH'sı bitki besin elementlerin yararlılığını etkiler çünkü negatif yüzeylerde H^+ iyonları tutulmaktadır. Besin elementinin bitkiler tarafından alınabilirliği molekülün boyutuna ve değerliğine bağlıdır. Cu, Mn, Fe, Zn gibi metal özellikte besin elementleri suda çözündüğü zaman +2 veya +3 değerlikli olmaktadır. Bu yüzden H^+ iyonlarının az olduğu alkali ortamlarda toprak partikülleri tarafından kuvvetli bir şekilde tutularak bitkiler tarafında alımı zorlaşmaktadır. Kükürt ve baz karakterli (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+) katyonlar nispeten büyük molekül yapısına sahip olduğundan toprak zerreciklerinin yüzeyine kolaylıkla yapışamaz ve toprak solüsyonunda bitkilerin alabileceği formlarda bulunur (McCauley vd., 2017). Bir besin elementi köklere girinceye kadar toprak solüsyonunda başarılı bir şekilde hareket edebilmesi için yeterince uzun süre

ve çözülmüş halde toprak solüsyonunda bulunmalıdır (Vossen, 2017). Genelde toprak pH'sının N, K, Ca, Mg ve S için 6.5-8.0, B, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn için 5.0-7.0 ve P için 5.5-7.5 olması istenir. pH 5.5'in altına düştüğünde Al ve Mn'nin seviyesi bitkilere toksik olacak düzeylere ulaşabilir (McCauley vd., 2017; Anonymous, 2013).

Toprak pH'sı bitkiler için gerekli elementleri içeren mineral kayaların ayrışması için çok önemli bir toprak özelliğidir. Ayrıca toprak pH'sı kullanılan gübrelerin bitkilerin kullanabileceği formlara dönüşmesini de etkiler. Örneğin toprak mikroorganizmaları amino asit formunda bulunan N'un amonyum ve nitrat formlarına dönüşmesini sağlar (Vossen, 2017). Bu yüzden mikroorganizma faaliyetleri, bitki gelişimi ve besin elementlerinin alınabilirliği yönünden toprak pH'sının 6.5-7.5 arasında olması arzu edilir (McCauley vd., 2017; Anonymous, 2013).

Toprak pH'sının ayarlanmasında kükürt (elementel kükürt, demir sülfat, alüminyum sülfat), kireç, kimyasal gübreler ve organik madde etkili olmaktadır (McCauley vd., 2017; Güneri vd., 2012). Toprak pH'sının düşürülmesinde en ucuz yol toprağa elementel kükürt kullanılmasıdır. Çeşitli yollar ile toprağa karışan kükürt bir seri tepkimelerle dönüşüme uğramaktadır (Kaymak, 2011). Elementel kükürt toprak bakterileri tarafından sülfürik asite dönüştürülür. Bu asit ise toprak pH'sının düşmesine yardımcı olur. Demir sülfat, toprak pH'sı üzerine etkili materyallerden biridir. Fakat elementel S'ye göre 8 kat daha fazla kullanılmalıdır. Bu yüzden çok maliyetlidir. Demir Sülfat reaksiyonu çok hızlıdır ve bu tuzlar Fe ve H_2SO_4 'e ayrışır. Alüminyum sülfat toprakları asitleştiren diğer bir materyaldir. Fakat yüksek miktarlarda uygulandığında Al bitkiler üzerine toksik etki yapmaktadır. Damla sulama sisteminin kullanılabilirliği yetiştirme sistemlerinde sıvı asitler de bu amaçla kullanılmaktadır (Longstroth, 2017).

Çiftlik gübresinin pH üzerine etki yapma kabiliyeti içindeki çeşitli maddelerin miktarına bağlıdır. Çiftlik gübresi toprağa uygulandığı zaman ayrışma ve nitrifikasyon olayları ile çeşitli asitler üretilir. Nitrifikasyon, amonyumun nitrate toprak mikroorganizmaları tarafından dönüştürülmesi işlemidir. Bu işlem sırasında toprak solüsyonuna H⁺ iyonları serbest bırakılır. Organik maddenin ayrışması sırasında organik asitler ve karbonik asit ortaya çıkar (Chang vd., 1991). Çiftlik gübrelerinin sıvı kısmı ve kanatlı hayvanların gübreleri yüksek oranda NH₄ formunda N ve düşük oranda organik madde içerdiğinden NH₄ formundaki sentetik gübreler gibi daha düşük pH değerine sahip olabilirler (Anonymous, 2013). Torf gibi bazı organik materyaller de zamanla toprak pH'sını düşmesini sağlar fakat doğada bu olay binlerce yılda oluşur (Mickelbart vd., 2017; Vossen, 2017). Toprak pH değerinin düşürülmesinde toprak uygulamalarının dışında sitrik asit uygulamalarından da yararlanılmaktadır (Patel vd., 1997).

Yapılan bu çalışma ile bitki gelişimini olumsuz etkileyen yüksek pH değerlerinin ayarlanmasında etkili olduğu düşünülen bazı materyallerin arpa tarımı yapılan bir arazide toprakların pH, EC ve mikro element değerleri ile başak tanelerinin bitki besin elementi içeriği üzerine etkisi incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2016 yılında Uşak ilinin Ulubey ilçesinde kuru tarım arpa (Çakır) yetiştiriciliği yapılan bir arazide sulu kükürt (SK), bentonitli kükürt (BK)+çiftlik gübresi (ÇG), Leonardit (L) ve Kontrol (K) uygulamalarının bazı toprak ve bitki parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Uygulamalar ekimle birlikte 2015 yılının Kasım ayında yapılmıştır. Dekara SK 4 litre (6 kg), BK 50 kg, ÇG 4 ton ve L 50 kg olarak kullanılmıştır. Tüm parsellere ekimle birlikte dekara 15 kg DAP gübresi uygulanmıştır. Bitki gelişiminin aktif olduğu zaman aralığında 3 dönemde (15 Mart, 15 Nisan ve 15 Mayıs) toprak örnekleri alınarak Elektriksel iletkenlik (EC), toprak reaksiyonu (pH), ekstrakte edilebilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Hasat döneminde alınan başakların taneleri çıkartılarak azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri belirlenmiştir. Bitki örnekleri 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve 0.5 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüştür. Azot analizi için kjeldahl yaş yakma metodu, diğer besin elementlerinin analizi için kuru yakma uygulanmış ve okuma ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer) cihazı ile yapılmıştır (Ryan vd., 2001).

Çizelge 1. Uygulamaların toprakların bazı özellikleri üzerine etkisi

Table 1. Effect of treatments on some properties of soil

Uygulama	Dönem	EC (dS m ⁻¹)	pH	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
SK	1	0.54	7.74	1.01	1.27	0.23	0.59 a
BK+ÇG		0.56	7.88	1.06	1.40	0.22	0.44 b
L		0.52	7.83	1.04	0.91	0.22	0.31 b
K		0.59	7.85	0.98	1.18	0.21	0.37 b
P değeri		Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	P<0.01
SK	2	0.49	7.74	1.16	0.85	0.18 ab	0.44 a
BK+ÇG		0.58	7.73	0.78	0.75	0.13 b	0.21 b
L		0.60	7.71	1.10	0.83	0.19 a	0.29 ab
K		0.59	7.79	1.50	0.85	0.21 a	0.32 ab
P değeri		Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	P<0.05	P<0.05
SK	3	0.36	7.89 a	0.83	1.18 ab	0.22	0.48 a
BK+ÇG		0.40	7.79 b	1.34	1.42 a	0.23	0.25 b
L		0.43	7.92 a	1.20	1.02 b	0.23	0.32 b
K		0.41	7.89 a	1.10	1.10 b	0.24	0.35 ab
P değeri		Ö.D	P<0.05	Ö.D	P<0.05	Ö.D	P<0.05

SK: sulu kükürt, BK: bentonitli kükürt, ÇG: çiftlik gübresi, L: leonardit, K: kontrol

İstatistik analizler için paket program (JMP) kullanılmıştır. Bu paket program ile normal dağılım analizi yapılmış ve ekstrem değerler atılmıştır. Varyans analizleri yapılarak uygulamalar arasındaki farklılık önemli olduğu durumlarda LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. İstatistiksel farklılıkların tahmin edilmesinde $P < 0.05$ ve $P < 0.01$ önem dereceleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ürünlerin içerikleri birbirinden farklı olduğundan varyans analizi ile birlikte "tek serbestlik dereceli analiz" (kontrast analizi) yapılmıştır. Bu analiz ile her bir uygulama ferdi olarak kontrol ile karşılaştırılmış ve kontrole göre istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kil, silt ve kum içeriği sırasıyla %30, %23 ve %47 olan kumlu killi tın bir toprak yapısına sahip bir arazide yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü bu arazinin çok fazla kireçli (%48; Ülgen ve Yurtsever, 1995), organik madde miktarının az (%1.50; Ülgen ve Yurtsever, 1995), potasyum (370 ppm; Anonymous, 1990) ve kalsiyum içeriğinin fazla (5070 ppm; Anonymous, 1990) ve magnezyum durumunun ise orta (265 ppm; Anonymous, 1990) olduğu deneme öncesi alınan toprak örneklerinde tespit edilmiştir. 2016 yılı arpa yetiştirme sezonu için kurak bir yıl olmuş ve elde edilen verim değerleri yapılan çiftçi görüşmelerinde önceki yıllara göre düşük olduğu anlaşılmıştır. Dekara K'dan 200 kg, L'den 260 kg, BK+ÇG uygulamasından 260 kg, SK uygulamasından 190 kg verim değerleri elde edilmiştir. L uygulamasının yapıldığı parselde başaklanma döneminde yapraktan hümik asit uygulaması yapılmış ve bu uygulamanın bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Bitki gelişimi üzerine olumlu olan bu etkinin verime de yansıdığı düşünülmektedir.

Her 3 dönemde alınan toprakların EC değerleri uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir. 1. dönemde ortalama 0.55 dS m^{-1} EC olan değeri 2 ve 3. dönemde sırasıyla 0.57 ve 0.40 dS m^{-1} olarak ölçülmüştür. Her bir uygulama kontrole göre ayrı ayrı olarak karşılaştırıldığında 3. dönemde SK uygulamasında ölçülen EC değerinin düşük olduğu ve bu farklılığın %5 seviyesinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Her dönemde ölçülen pH değerleri ise ortalama olarak sırasıyla 7.82, 7.74 ve 7.87 olmuştur. Genel olarak EC ve pH arasında ters bir

ilişki bulunmuş yani pH değeri düştüğü zaman EC değerinde yükselme olduğu görülmüştür. Mohd-Aizat vd. (2014), toprak pH'sinin düşmesi ile toprakta H^+ iyonlarının arttığını ve artan H^+ iyonları ise toprak EC değeri üzerine arttırıcı etki yaptığını yaptığı çalışmalarla ortaya koymuştur. Aynı araştırmacı pH ile EC değeri arasında negatif ve tam lineer olmayan bir ilişkinin olduğunu, çünkü pH yanında toprak sıcaklığı, toprak nemi, tekstür, porozite ve mineraller gibi faktörlerin de EC üzerine etkili olduğunu belirtmiştir.

pH değerlerinde uygulamalara göre 1. ve 2. dönemde bir farklılık olmamasına rağmen 3. dönemde bir farklılık yakalanmış ve ölçülen pH değerleri arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak önemli olmuştur. En düşük değer (7.79) BK+ÇG uygulamasından elde edilmiş ve diğer uygulamalar aynı grupta yer almıştır (Çizelge 1). Uygulamalar kontrole göre bireysel olarak karşılaştırıldığında da sadece 3. dönemde BK+ÇG uygulaması %1 düzeyinde kontrole göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Toprak pH'sinin ayarlamasında sık olarak kullanılan SK'nın pH üzerine etkisi olmadığı görülmüştür. Toprağa uygulanan S'nin etkili olabilmesi için biyolojik bir süreç gerekmektedir. Biyolojik süreç kimyasal süreç gibi hızlı değildir. Bu işlem bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Ayrıca bakteriler toprak nemi ve ısıya uygun olduğu zaman aktif olurlar. Bu yüzden Longstroth (2017), kükürt uygulamalarının ilkbaharda yapılması gerektiğini bildirmiştir. Çünkü sonbaharda yapılan kükürt uygulamalarında toprak bakterileri kış aylarında aktif olmadığı için bir sonraki ilkbaharda pH üzerine çok az etkisi bulunmaktadır. Yaptığımız çalışmada yapılan toprak uygulamalarının toprak özellikleri üzerindeki etkisi uygulamadan yaklaşık 5 ay sonra ölçülmeye başlanmıştır. Bu yüzden S uygulamalarının toprak pH'sı üzerine beklenen etkisinin olmadığı düşünülmektedir. Chang vd. (1991) organik maddenin pH üzerine etkili olabilmesi için ayrışma işleminin gerçekleşmesi gerektiğini bildirmiştir. Bu işlem için ise belli zamana ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrışma sırasında CO_2 , H^+ ve organik asitler orya çıkmaktadır. H^+ ve organik asitler toprak pH'sı üzerine direk etkili olurken CO_2 su ile birleşerek karbonik asit meydana getirmektedir. Bu reaksiyonlar ise besin toprakta bulunan besin elementlerinin yararlılığının artmasında önemlidir. Ekimle birlikte toprağa uygulanan BK+ÇG uygulamasının

Çizelge 2. Uygulamaların başakların besin elementi içeriği üzerine etkisi**Table 2.** Effect of treatments on nutrient contents of grain

Uygulama	N (% DW)	P (% DW)	K (% DW)	Ca (% DW)	Mg (% DW)
SK	1.79 b	0.24 a	0.54 b	0.091	0.140 a
BK+ÇG	2.32 a	0.25 a	0.68 a	0.081	0.128 b
L	2.23 a	0.20 b	0.53 b	0.076	0.128 b
K	1.94 b	0.22 ab	0.52 b	0.077	0.126 b
P değeri	P<0.01	P<0.05	P<0.01	Ö.D	P<0.05
Uygulama	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	
SK	20.8 c	2.24	10.59	20.58	
BK+ÇG	27.2 a	2.29	11.27	20.76	
L	24.8 b	1.78	11.43	21.90	
K	23.9 b	2.09	11.07	22.36	
P değeri	P<0.01	Ö.D	Ö.D	Ö.D	

SK: sulu kükürt, BK: bentonitli kükürt, ÇG: çiftlik gübresi, L: leonardit, K: kontrol

yaklaşık 6 ay sonra kontrole göre pH üzerine bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca BK'nın çiftlik gübresi ile birlikte uygulanması pH üzerinde de olumlu etkisinin olduğu düşünülmektedir. Schoenau ve Davis (2006) katı çiftlik gübresinin sıvı çiftlik gübrelerinden daha yüksek oranda organik madde içerdiğini ve toprağa uygulandığı zaman asidik materyal eklendiğinde H⁺ iyonlarını tutarak, alkali materyal eklendiği zaman H⁺ iyonlarını serbest bırakarak pH düzenleyici olarak görev yaptığını yani nütürleştirme (pH=7) özeliği gösterdiğini belirtmiştir.

Toprak pH'sının mikro elementler içinde en çok Fe ve Mn üzerine etkili olduğu bilinmektedir. Uygulamaların dönemlere göre toprakların Fe ve Mn içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde pH değerlerine doğru orantılı olarak bir değişim izlemiştir. İlk iki dönemde uygulamalar arasında

istatistiksel olarak bir fark bulunmaz iken 3. dönemde pH değerinde gerçekleşen azalmaya karşılık Fe ve Mn değerinde bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış Mn için istatistiksel olarak önemi olurken Fe için olmamıştır (Çizelge 1). Her iki element için de pH değerinin en düşük olduğu BK+ÇG uygulamasında en yüksek değerler elde edilmiştir. Bunu Mn için SK uygulaması Fe için L uygulaması takip etmiştir. 2. dönemde bütün uygulamaların birbiri ile karşılaştırıldığı varyans analizinde önemli olmayan Fe, her uygulamanın kontrole göre ayrı olarak kıyaslandığı "kontrast analizinde" %5 seviyesinde önemli ve düşük olduğu görülmüştür. Mn için sadece 3. dönemde BK+ÇG uygulamasından elde edilen değerler kontrole göre hem yüksek hem de %5 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 3). Fe ve Mn'nin hareketliliği toprak pH'sı tarafından kuvvetli bir şekilde

Çizelge 3. Bazı toprak özelliklerinde kontrol uygulamasına göre diğer uygulamaların önem seviyeleri**Table 3.** Significant levels of other applications according to the control treatment at some soil properties

Uyulama	Dönem	EC (dS m ⁻¹)	pH	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
SK		0.339	0.206	0.894	0.636	0.275	0.006
BK+ÇG	1	0.547	0.755	0.702	0.271	0.541	0.310
L		0.193	0.827	0.772	0.215	0.459	0.398
SK		0.130	0.549	0.305	1.000	0.285	0.136
BK+ÇG	2	0.878	0.529	0.042	0.242	0.010	0.106
L		0.873	0.358	0.225	0.866	0.553	0.636
SK		0.033	0.936	0.346	0.594	0.391	0.056
BK+ÇG	3	0.552	0.010	0.353	0.035	0.630	0.159
L		0.458	0.322	0.696	0.549	0.772	0.585

SK: sulu kükürt, BK: bentonitli kükürt, ÇG: çiftlik gübresi, L: leonardit, K: kontrol

Çizelge 4. Başakların besin elementi içeriğinde kontrol uygulamasına göre diğer uygulamaların önem seviyeleri
Table 4. Significant levels of other applications according to the control treatment at nutrient contents of grain

Uygulama	N (% DW)	P (% DW)	K (% DW)	Ca (% DW)	Mg (% DW)
SK	0.226	0.108	0.653	0.053	0.003
BK+ÇG	0.016	0.084	0.001	0.542	0.575
L	0.036	0.169	0.818	0.877	0.528
Uygulama	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	
SK	0.012	0.737	0.535	0.218	
BK+ÇG	0.012	0.655	0.799	0.221	
L	0.372	0.478	0.647	0.713	

SK: sulu kükürt. BK: bentonitli kükürt. ÇG: çiftlik gübresi. L: leonardit. K: kontrol

etkilenmektedir. Örneğin Scianna (2000) toprak pH'sının 1 birim değişmesine karşılık Fe^{+3} 'ün aktivitesinde 1000 kat Fe^{+2} 'nin aktivitesinde 100 kat değişme olduğunu bildirmiştir.

BK+ÇG uygulamasında 1. dönemde yüksek seviyede olan Zn, 3. dönemde en düşük seviyelerde olduğu görülmüştür (Çizelge 1). BK+ÇG uygulaması ile diğer uygulamalara göre toprak organik maddesinde sezon içinde geçici de olsa bir artışın olması beklenmektedir. Organik maddenin ayrışması ile toprakta bitkiye elverişli olarak bulunan Zn'nin organik madde tarafından tutulduğu düşünülmektedir. Shuman (1988), toprak yüzeyinde organik madde miktarının artmasının Zn eksikliğine neden olduğunu bildirmiştir. Benzer durum Cu'da da gerçekleşmiştir. 2. dönem alınan topraklarda en düşük Cu değerleri BK+ÇG uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1).

Varyans analizine göre uygulamalar arasında başak tanelerinin besin elementi içeriğinde de önemli değişimler olmuştur ve N, P, K, Mg ve Fe yönünden uygulamalar arasında farklılıklar bulunmuştur. En yüksek N, P, K ve Fe değerleri BK+ÇG uygulamasından elde edilmiştir. Mg'da durum farklı olmuş ve SK uygulaması öne çıkmıştır. Tanelerin N, P, K ve Fe içerikleri ortalama olarak sırasıyla %1.79-2.32, %0.20-0.25, %0.52-0.68 ve 20.8-27.2 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 2). BK+ÇG uygulamasında yüksek değerlerin elde edilmesi ÇG'den kaynaklandığı düşünülmektedir. Schoenau ve Davis (2006) çiftlik gübrelere toprağa sadece besin elementi sağlamakla kalmadığını aynı zamanda uygun toprak koşullarının oluşmasına da katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Başak tanelerinin besin içerikleri "kontrast analizine" tabi tutulduğunda "varyans analizinde" %1 düzeyinde önemli olan ve aynı grupta yer alan BK+ÇG ve L uygulamalarından sadece BK+ÇG

uygulamasının K uygulamasına göre önemli olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizinde P yönünden birbirinden %5 seviyesinde önemli olan uygulamalar "kontrast analizinde" kontrole göre önemli olmadığı görülmüştür. Başak tanelerinin K içeriği hem varyans hem de kontrast analizinde %1 seviyesinde BK+ÇG uygulamasında, Mg içeriği ise SK uygulamasında yüksek olduğu görülmüştür. Fe için her iki analiz için de sonuç değişmemiş kontrole göre BK+ÇG uygulaması %1 düzeyinde önemli olurken SK uygulaması %1 seviyesinde düşük olmuş ve L uygulaması K uygulamasına göre değişiklik göstermemiştir (Çizelge 4).

SONUÇLAR

Çalışmada kullanılan materyaller özellik ve kullanılan miktar bakımından birbirinden farklılık göstermektedir. Bu yüzden sonuçların değerlendirilmesinde "Varyans analizine" ek olarak "kontrast analizi" de yapılmıştır. Bu şekilde her bir ürünün K uygulamasına göre etkili olup olmadığı da tespit edilmiştir. Hem varyans hem de kontrast analizine göre BK+ÇG uygulamasının toprakların pH ile Mn, başak tanelerinin N, K, ve Fe içerikleri üzerine olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Toprak pH'sının düşürülmesinde SK ve L uygulamalarının herhangi bir etkisi olmadığı gibi tanelerin besin elementi içeriğinde genel olarak bir artış sağlamamıştır. BK+ÇG uygulaması ile arpanın besin elementi değerinin artması sağlamıştır. Başakların besin elementi değerinin artması hayvan beslenmesinde önemli olduğu düşünülmektedir. BK+ÇG uygulaması bu olumlu etkisinin yanında verimde de %20 oranında bir artış sağlamıştır. Bu olumlu etkileri ile birlikte BK+ÇG maliyeti yüksek olan bir uygulamalıdır. Bu yüzden ekonomik analizler bu uygulamanın hububat tarımında kullanımını kısıtlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous (2013). Effects of Manure and fertilizer on soil fertility and soil quality. Manitoba, p. 68. (<http://www.gov.mb.ca/agriculture/environment/nutrient-management/pubs/>).
- Anonymous (1990). Management of Gypsiferous Soils. FAO Soils Bulletin no:62, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 81.
- Chang C, Sommerfeldt TG, Entz T (1991). Soil Chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. J. Environ. Qual., 20:475-480.
- Güçdemir İH (2006). Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Güncelleştirilmiş ve genişletilmiş 5. Baskı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 231. Ankara, p. 424.
- Güneri M, Mısırlı A, Yokaş İ, Yağmur B (2012). Valensiya portakal çeşidinde kükürt, jips, amonyum sülfat ve sitrik asit uygulamalarının bitki besin elementleri içeriklerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(1): 83-92.
- Kaymak MR (2011). Kükürt'ün toprak ve bitki besleme yönünden önemi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Adana.
- Longstroth M (2017). Lowering the soil ph with sulfur. Courtesy of MSU Extension (news.msue.msu.edu).
- Mickelbart MV, Stanton KM, Hawkins S, Camberato J (2017). Lowering soil pH for horticulture crops. purdue extension publication HO-241-W, Commercial Greenhouse and Nursery Production (www.the-education-store.com).
- McCauley A, Jones C, Olson-Rutz K (2017). Soil pH and organic matter. Nutrient Management Module No: 8, Montana State University Extension, p. 16.
- Mohd-Aizat A, Mohamad-Roslan MK, Sulaiman WNA, Karam DS (2014). The relationship between soil pH and selected soil properties in 48 years logged-over forest. International Journal of Environmental Sciences, 4(6):1129-1140.
- Patel PC, Patel MS, Kalyanasundaram NK (1997). Effect of foliar spray of iron and sulphur on fruit yield of chlorotic acid lime. Journal of the Indian Society of Soil Science, 45(3):529-533.
- Ryan J, Estafan G, Rashid A (2001). Soil and plant analysis laboratory. Manual 2nd ed. ICARDA and NARS, Aleppo, Syria, pp. 135-140.
- Scianna S (2000). Iron (Fe) chlorosis in plants. HortNote No. 7. (<http://Plant-Materials.nrcs.usda.gov>).
- Schoenau JJ, Davis JG (2006). Optimizing soil and plant responses to land applied manure nutrients in the great plains of North America. Canadian Journal of Soil Science, 86: 587-595.
- Shuman LM (1988). Effect of Organic Matter on the Distribution of Manganese, Copper, Iron, and Zinc in Soil Fractions. Soil Science, 146: 192-198.
- Ülgen N, Yurtsever N (1995). Türkiye gübre ve gübreleme rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 209. Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara, p. 230.
- Vossen P (2017). Changing pH in soil. University of California, Cooperative Extension. (<http://vric.ucdavis.edu/pdf/Soil/ChangingpHinSoil.pdf>).

Ergene Nehri ile Sulanan Çeltik Tavalarının Sediment ve Sulama Suyunda Kobalt (II) ve Nikel (II) Birikim Düzeyleri Analizi

Barış Can KÖRÜKÇÜ^{1,2,*} 

Cihan TORLAK² 

Cemile ÖZCAN² 

¹Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü
²Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): bariscankorukcu@gmail.com
Geliş tarihi (Received): 09.07.2019
Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019
DOI: 10.21657/topraksu.655494

Öz

Trakya bölgesi için hayati önem arz eden Ergene Nehri'nin kirlilik durumunun artarak devam ettiği bilinen bir gerçektir. Bölgede olmazsa olmaz, ekonomik gelişime katkı sağlayan sanayi yatırımlarının artmasına ve endüstriyel zirai ilaç kullanımına paralel olarak gelişen çevre kirliliği sorunu da takip edilmesi zaruri olgulardandır. Batı Trakya'nın temel tarımsal üretim materyallerinden biri olan çeltik bitkisi de yetiştirildiği koşullar bakımından bu kirlilikten etkilenen başlıca ürünler arasında bulunmaktadır. Doğrudan gıda ürünü olarak tüketime sunulan, insan sağlığını doğrudan etkileyebilecek potansiyelde, tarım ürünlerinin ihtiva ettiği ve toksisiteye neden olabilecek ağır metal birikim düzeyleri üzerine yapılan çalışmalar da önemini korumaya devam etmektedir. Toksik özellikteki ağır metallerin çevresel koşullarda bozunmadan kalabilmeleri ve besin zincirine dahil olarak ekolojik çevrede birikim düzeylerini arttırmaya devam ettiğinden uzun yıllar etkilerini görebileceğimiz kimyasal kirlilikler arasında öncelikli sıralarda yerini almaktadırlar.

Yapılmış olan çalışma çerçevesinde Ergene Nehri'nin Edirne ili Uzunköprü ilçesi sınırları içinde bulunan Muhacirkadı Köyü'nden, çeltik tarımı yapılan arazilerden tohum ekimi ve hasat dönemleri gözetilerek toprak, sulama suyu ve bitki örneklemeleri yapılmıştır. Numuneler mikrodalga çözünürleştirme metodu ile analize hazırlanarak, ICP-OES (inductively coupled plasma- optical emission spectrometry) cihazı ile içerdikleri Ni ve Co miktarları analiz edilmiştir. Metodun doğruluğunun kontrolü NIST-2709 (san joaquin toprağı), NIST-1640a (doğal su) ve NIST-1570a (İspanak yaprağı) sertifikalı referans maddeleri (SRM) ile sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler : Ergene, ICPOES, pirinç, sediment, sulama suyu

Analysis of Cobalt (II) and Nickel (II) Pollutions in Sediment and Irrigation Water in Rice Paddy Fields with Ergene River

Abstract

The pollution situation of the Ergene River which is vital for the Thrace region continues to increase. Industrial activities and increasing environmental pollution problems with the use of pesticides must also be followed. One of the main agricultural production materials of Western Thrace is rice paddy, which

is among the main product affected by the pollution. Studies, which are for the health of humanity, affect on toxic and accumulation of agricultural products, are important and have to be observed. In fact, toxic heavy metals remain constant in the environment and enter the food chain. Their accumulation in the ecological environment continues to increase, and for many years their effectiveness has been a priority among the ongoing chemical pollution.

In this study soil, irrigation water and plant sampling were done from the paddy fields of the Ergene River in the Muhacirkadı village of the Uzunköprü district of Edirne province during both seed and harvest periods. For the following analysis the samples are going to be prepared by using the microwave digestion method. The amounts of Ni (Nickel) and Co (Cobalt) contained were analyzed by ICP-OES. The control of method validity is provided by certified reference materials (CRM), NIST-2709 (san-joaquin soil), NIST-1640a (natural water), NIST-1570a (spinach leaves).

Keywords: Ergene, ICP-OES, irrigation water, rice, sediment

GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi ve Dünya üzerindeki insan nüfusunun artmasıyla birlikte çevre kirliliği sorunu da ciddi bir şekilde baş göstererek doğal ekosistemler olan toprak, su ve hava gibi canlıların yaşam ortamlarını tehdit etmeye başlamıştır. Özellikle sanayi faaliyetlerinin artmasıyla çevre habitatlar zarar görmeye ve canlı nüfusu azalmaya başlamıştır. Kirlenici etmenlerin arasında bulunan sanayi faaliyetleri, maden yatakları, emisyon gazları, tarımsal kaynaklı gübreler ve zirai ilaçlar kaynaklı ağır metal kirliliği, tehdit unsurlarının önemli bir bölümünü kapsamaktadır (Sun vd., 2019).

Tarımın gelişimi ile birlikte ilk olarak toprağın bitki büyümesindeki rolünü anlamak gerekir (Ayers ve Wescott, 1976). Toprak ortamındaki faaliyetlerden olan sulama ve kimyasal gübreleme bitki gelişimini etkileyen ana faktörlerin başında gelmektedir (Baker ve Harza, 1953). Toprak, bitkiler ile olan direkt bağlantısından dolayı çevre bilimciler tarafından da oldukça önem arz etmektedir (Shatanawi vd., 2013).

Göller ve akarsular çevre kirliliğinden en çok etkilenen ekosistemlerin başında gelmektedir. Su ortamında oluşan ağır metal kirliliği canlı metabolizması için ciddi tehlike oluşturmaktadır. Cu, Co, Mo, Ni gibi ağır metallerin canlıların yaşamlarını sürdürdürebilmeleri açısından etkili olduğu gibi organizmada çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Bu metallerin organizma da birikmeleri sonucu doku ve organlarda çok ciddi hasarlar oluşarak işlevlerini yitirmelerine sebep olmaktadır (Kır vd., 2007). Ağır metal ile kontamine olmuş yiyeceklerin tüketimi vücutta çok ciddi sağlık sorunlarına yol açarak vücudun

bazı temel besinleri almasını engel olabilir (Aora vd., 2008). Canlılarda B12 vitamininin metabolizma reaksiyonlarında katalizör olarak ihtiyaç duyduğu Co metali aşırı miktarlarda alındığında toksik etkiye sebep olarak bazı tür cilt ve epitel doku kanserlerine sebep olmaktadır (Lyn, 2006). İnsan ve hayvan organizmalarında gerçekleşen bazı alerjik reaksiyon bulguları Ni elementi konsantrasyonu ile ilişkilendirilmiş olup nikelin bazı inorganik kompleksleri ve tuzları ile kanser vakaları arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Denkhaus ve Salnikow, 2002).

Türkiye'nin en önemli tarım alanlarından olan Trakya bölgesi ayçiçeği, buğday, çeltik gibi ürünlerin üretiminde ciddi rol oynamakta, ancak son yıllarda bölgede yoğunlaşan hızlı sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte özellikle Ergene Nehri çevresinde de önemli çevre sorunları baş göstermektedir.

Ergene havzası 14560 km² yüzölçümüne sahip olup, yetiştirilen ürünlerin büyük çoğunluğunu buğday, ayçiçeği ve çeltik bitkileri kapsamaktadır. Özellikle ayçiçeği ve çeltik açısından Ergene havzası Türkiye geneli üretimi içerisinde ciddi bir paya sahiptir (Özkan ve Kubaş, 2008). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018) ve Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (Yazıcı, 2018) verilerine göre Marmara bölgesinin çeltik üretimindeki payı Türkiye genelinin %72' sini oluşturmaktadır.

Edirne İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ve DSİ 11. Bölge Müdürlüğü tarafından sürekli ve düzenli olarak takip edilen Ergene Nehri'nin, yapılan yüzeysel su analiz sonuçlarına göre Tekirdağ İli Çerkezköy İlçesi'nden başlayarak Meriç Nehri ile

buluştuğu noktaya kadar olan 180 km'lik kısmı tamamen kirlenmiş durumdadır. Edirne İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün yapmış olduğu analizler sonucunda şehrin girişinden alınan numuneler baz alınarak nehir suyu; fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler bakımından IV. sınıf (çok kirlenmiş su), organik parametreler bakımından IV. sınıf ve yine inorganik parametreler bakımından da IV. sınıf su olarak sınıflandırılmaktadır (T.C. Edirne Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2010).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin "Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması" başlıklı içeriğinin nikel ve kobalt miktarlarının kalite parametrelerine göre sınıfları Çizelge 1' de verilmiştir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2012; SKKY, 2004).

Çizelge 1. . Ni ve Co içeriklerine göre su kalitesi sınıfları.

Table 1. Water quality classes according to Ni and Co contents.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Kobalt ($\mu\text{g L}^{-1}$)	≤ 10	20	200	> 200
Nikel ($\mu\text{g L}^{-1}$)	≤ 20	50	200	> 200

Yönetmelik kalite parametreleri ve geçmişte yapılan analizler sonucunda Ergene Nehri suyunun IV. kalite su sınıfına girdiğine değinmiştik ve tarımsal sulama da dahil I, II ve III. Sınıf suların kullanıldıkları alanlarda fiziksel ve kimyasal arıtma proseslerine tabii tutulmadan kullanılmasının söz konusu olmadığı görülmektedir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2012).

Bu çalışma içerisinde numune alınacak bölgede yapılan incelemeler sonucu direkt olarak nehirden sulama yapıldığı tespit edilen tarım arazilerinden alınan çeltik, sediment ve sulama suyu örneklerinin nikel ve kobalt ihtiva düzeylerinin analizleri gerçekleştirilmiş olup sonuçlar insan ve çevre sağlığı açısından etkileri ile birlikte değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Ergene Nehri üzerinde çeltik alanlarının yoğun olarak bulunduğu Kırklareli İli Pehlivan köyü İlçesi'nin güneyinde bulunan Edirne İli Uzunköprü İlçesi'ne bağlı Muhacirkadı Köyü lokasyon olarak belirlendi. Yerinde yapılan ön incelemelerde Ergene Nehri'nin hemen sınırında bulunan ve doğrudan nehirden dalgıç pompalar ile sulama yapılan çeltik tavaları tespit edilerek örneklemeler bu noktalardan yapıldı.

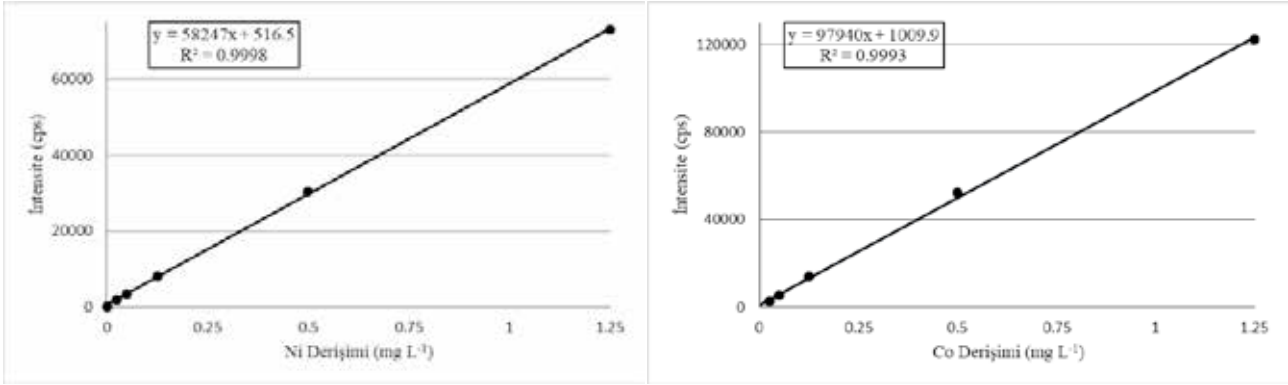
Örnekleme, çeltik ekimi ve hasat dönemleri gözetilerek yapıldı. Numune alma işlemi tavalardan kurulması aşamasında ve hasattan hemen önce olmak üzere iki defa yapılarak ilk örneklemede tavanın genelini temsil edecek 3 noktadan 0-20 cm derinlikten toprak ve yüzeyden su örnekleri toplandı. İkinci örneklemede ise yine aynı noktalardan toprak ve su örnekleri ile birlikte bitki örnekleri de toplandı.

Yöntem

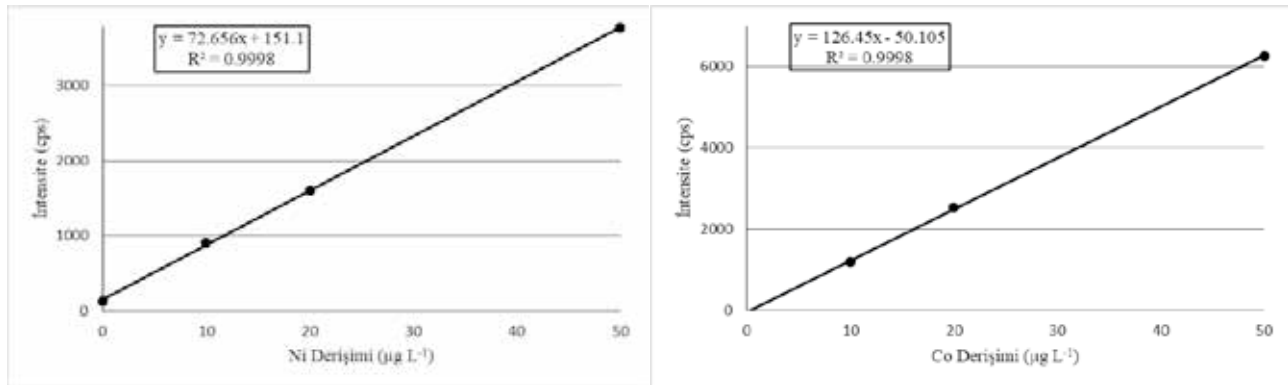
Toplanan sediment ve bitki örnekleri önceden nitrik asit ve ultra saf su ile yıkanmış olan numune kaplarına konulup laboratuvara taşınırken, su örnekleri ise nitrik asit ile pH 1-2 arasında olacak şekilde asitlendirilerek analize kadar 4 °C' de polipropilen numune kapları içerisinde bekletildi.

Sediment örnekleri analiz edilmeden önce 80 °C'ye ayarlanmış etüvde 6-8 saat aralığında kurutulmuş örnekler içerisindeki nemin uzaklaştırılması sağlandı. Ardından 0.5 g örnek tartılarak üzerine 1 mL %35'lik H_2O_2 (Merck EMPROVE) eklenerek organik içeriğin yükseltgenmesi için 5' kadar bekletildi. Peroksitli karışımın üzerine 9 mL HNO_3 (Merck EMSURE) ve en son olarak 3 mL %36.5 - 38 HCl (Sigma Aldrich) eklendikten sonra teflon bombalar kapatıldı. Hazırlanan örnekler CEM-MARS 6 marka mikrodalga cihazında çözüldü. Mikrodalga 600 W güçte 20' boyunca 220 °C'ye ısıtıldıktan sonra 10' bekletildi. Yakma işleminin ardından 50 mL'lik falcon tüplere alınan numuneler 7' boyunca 9000 rpm devirde santrifüjlenerek içeriğindeki silikat bakiyesi dekantasyon işlemi ile ayrıldı ve ultra saf su ile 50 mL son hacme tamamlandı.

Laboratuvara getirilen çeltik numunelerinin öncelikle daneleri saplarından ayıkladıktan sonra kavuzlu daneler CRM 125-2T marka çeltik randıman makinasından geçirilerek kavuz ve pirinç kısımları birbirinden ayrıldı. Ayrılan parçalar ultra saf su, %1'lik teepol deterjan çözeltisi (sodyum yüksek alkali sülfat) ve %0.2'lik asetik asit çözeltisi ile yıkandıktan sonra 60 °C' ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma getirilinceye kadar kurutuldu. Kuru numune blender yardımı ile öğütülüp her bir numuneden 0.25 g tartım alınarak üzerine 1 mL %35'lik H_2O_2 eklenip 5' beklendikten sonra 10 mL HNO_3 ilave edilip teflon bombalar içerisinde mikrodalga cihazında çözünürleştirildi. Mikrodalga cihazı 600 W güçte 20' boyunca 100 °C sıcaklıkta çalıştırılıp son 1' 180 °C sıcaklığa yükseltildi ve 5' bu sıcaklıkta bekletilerek toplam 40' sürenin ardından çözülen



Şekil 1. Sediment ve bitki örneklerinde Ni ve Co analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrileri.
Figure 1. Calibration curves for Ni and Co analysis in sediment and plant samples.



Şekil 2. Su örneklerinde Ni ve Co analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrileri.
Figure 2. Calibration curves for Ni and Co analysis in water samples.

numuneler 7' boyunca 9000 rpm devirde santrifüjlenip dekante edilerek 50 mL son hacme ultra saf su ile tamamlandı.

Su numuneleri ise EPA METHOD 3015a 0.5 ölçekle modifiye edilerek mikrodalga çözünürleştirilmesi uygulanıp her bir örnek için 22.5 mL numuneye 0.5 mL HCl ilave edilerek işlem sonunda son hacim 25 mL'ye tamamlandı. 3015a methodu için mikrodalga sıcaklık programı 10' 170 °C' ısıtma ve 10' aynı sıcaklıkta bekletme şeklinde uygulandı.

Hazırlanan numunelerin nikel ve kobalt içerikleri Spectro Arcos marka ICP-OES cihazı ile analiz edildi. Analiz esnasında numune aktarım sistemi olarak modifiye lichte nebulizer ve cyclonic spray chamber kullanıldı. Analizden önce sediment, bitki ve su örnekleri için ayrı ayrı kalibrasyon standartları okutulurken lineer regresyon eğrileri çizilip, LOD ve LOQ değerleri hesaplandı. Ni ve Co elementlerinin LOD ve LOQ değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ni ve Co elementi için LOD ($mg\ kg^{-1}$) ve LOQ ($mg\ kg^{-1}$) değerleri.

Table 2. LOD ($mg\ kg^{-1}$) ve LOQ ($mg\ kg^{-1}$) values for Ni and Co.

	Ni		Co	
	LOD	LOQ	LOD	LOQ
Sediment	0.0117	0.0391	0.0068	0.0227
Bitki	0.0117	0.0391	0.0068	0.0227
Su	0.7454*	2.4849*	0.2952*	0.9841*

* $\mu g\ L^{-1}$

Sediment, bitki ve su numunelerinin nikel ve kobalt analizleri için ICP-OES cihazında kullanılan kalibrasyon eğrileri, doğru denklemleri ve R^2 değerleri Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir.

Uygulanan analiz metodunun validasyon çalışmaları sonucu metodun doğruluğunun tespit edilmesi adına sertifikalı standart referans maddeler ile metod kontrolü yapılmıştır. Toprak örneği için NIST-2709 (san joaquin soil), su için NIST-1640a (natural water) ve bitki için NIST-1570a (spinach leaves) standart referans maddeleri aynı

Çizelge 3. Standart referans madde ICP-OES analiz sonuçları (n=6).

Table 3. ICP-OES analysis results of standard reference materials (n=6).

	Ni			Co		
	Sertifika	Analiz	%RSD	Sertifika	Analiz	%RSD
Sediment*	85 ± 2	84.7 ± 5.1	0.17	12.8 ± 0.2	12.6 ± 0.9	0.79
Bitki*	2.142 ± 0.0058	2.14 ± 0.09	0.05	0.393 ± 0.03	0.364 ± 0.012	0.12
Su**	25.12 ± 0.12	25.0 ± 1.1	0.22	20.08 ± 0.24	20.2 ± 0.5	0.22

*Sediment ve Bitki Örnekleri için mg kg⁻¹.

**Su örnekleri için µg L⁻¹.

koşullarda çözünürleştirilip analiz edilerek Ni ve Co içerikleri sertifika değerleri ile kıyaslanmış ve metodun doğruluğu tespit edilmiştir. ICP-OES'de yapılan toprak, su ve bitki SRM analizleri sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeltik tavalarından ekim ve hasat dönemlerinde alınan sediment numunelerinin Ni ve Co analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Ekim ve hasat dönemi sediment örnekleme analiz sonuçları (n=6).

Table 4. Sediment sampling analysis results of sowing and harvesting period (n=6).

	Ni (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Sediment 1	86.7 ± 0.1	14.5 ± 0.1
Sediment 2	89.7 ± 0.1	14.4 ± 0.1
Sediment 3	88.8 ± 0.1	14.5 ± 0.1
Sediment 1-2	89.0 ± 0.1	14.6 ± 0.1
Sediment 2-2	93.3 ± 0.1	15.1 ± 0.1
Sediment 3-2	88.2 ± 0.1	14.2 ± 0.1

Ni elementi için analiz sonuçlarına bakıldığında maksimum değer 93.3 mg kg⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda tespit edilirken, minimum değer 86.7 mg kg⁻¹ ile ekim dönemi 1. lokasyonda bulunmuştur. Co elementi için minimum 14.2 mg kg⁻¹ hasat zamanı 3. lokasyonda görülürken maksimum değer 15.1 mg kg⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda tespit edilmiştir. Ni elementi derişiminin ekim ve hasat dönemleri arasında yaklaşık 2 mg kg⁻¹ arttığı görülürken Co elementi

Çizelge 5. Ekim ve hasat dönemi su analiz sonuçları (n=6).

Table 5. Water analysis results of sowing and harvesting period (n=6).

	Ni (µg L ⁻¹)	Co (µg L ⁻¹)
Su 1	2.79 ± 0.01	0.504 ± 0.008
Su 2	3.97 ± 0.01	0.421 ± 0.005
Su 3	3.80 ± 0.01	0.384 ± 0.002
Su 1-2	5.86 ± 0.02	0.780 ± 0.003
Su 2-2	8.71 ± 0.02	0.657 ± 0.003
Su 2-3	7.75 ± 0.02	0.758 ± 0.005

için önemli sayılacak bir değişim görülmemiştir.

Çeltik alanlarından ekim ve hasat dönemlerinde alınan tava suyunda Ni ve Co analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çeltik tavalardan yapılan örnekleme sonucunda Ni elementi minimum 2.79 µg L⁻¹ ile ekim döneminde 1. lokasyonda, maksimum değer ise 8.71 µg L⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda görülmüştür. Ekim ve hasat dönemleri arasında yaklaşık 4 µg L⁻¹'lik bir artış saptanmıştır. Co analizi sonuçlarına bakıldığında minimum değer 0.384 µg L⁻¹ ile ekim dönemi 3. lokasyonda, maksimum değer 0.780 µg L⁻¹ ile hasat dönemi 1. lokasyonda saptanmıştır. Yine Ni elementinde olduğu gibi Co'ta da ekim ve hasat dönemleri arasında bir artış görülmüş olup bu miktar 0.3 µg L⁻¹'dir.

Hasat döneminde alınan çeltik bitkisi numunelerinden ayıklanan pirinç ve kavuz örneklerinin Ni ve Co içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Hasat dönemi pirinç ve kavuz analiz sonuçları (n=6).

Table 6. Analysis results of rice and rice husk in harvest period (n=6).

	Ni (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Pirinç 1	0.899 ± 0.002	0.128 ± 0.001
Pirinç 2	0.966 ± 0.002	0.166 ± 0.001
Pirinç 3	1.16 ± 0.01	0.172 ± 0.001
Kavuz 1	0.623 ± 0.002	0.179 ± 0.002
Kavuz 2	0.902 ± 0.002	0.197 ± 0.002
Kavuz 3	0.879 ± 0.002	0.188 ± 0.002

Bitki örnekleri analizi sonucunda Ni elementi için konsantrasyon 0.623 mg kg⁻¹ ile 1.16 mg kg⁻¹ aralığında değişmektedir. Co elementi için konsantrasyon aralığı incelendiğinde 0.128 mg L⁻¹ ile 0.197 mg L⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Pirinç ve kavuz arasındaki farklar çok belirgin olmamakla birlikte kabaca Ni için pirinçte, Co için ise kavuzda ağırlıklı birikim gösterdiği söylenebilir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Ergene Nehri havzasında bulunan ve nehirde direkt olarak sulama yapıldığı tespit edilen çeltik arazisinde Ni ve Co kirliliği, sediment, bitki ve su örnekleri içerisinde araştırılmıştır.

Dünya toprakları değerlendirildiğinde Ni konsantrasyonu 0.2 – 450 mg kg⁻¹ gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Nikel elementi kolaylıkla topraktan ve sudan bitkiye mobilize olan bir element olmakta ve takibi insan ve çevre sağlığı açısından önem taşımaktadır (Dartan ve Toröz, 2013). Sediment için Ni sonuçları Çevre ve Orman Bakanlığı yönetmeliğindeki sınır değerler ile kıyaslandığında yönetmeliğin yaklaşık 20 mg kg⁻¹ üzerinde olduğu saptanmıştır. Co için ise tespit edilen derişimlerin sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Su sonuçları incelendiğinde ilk bakışta Ni ve Co kirliliği olmadığı ve sulamaya uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak alınan örneklerin direkt kaynaktan değil çeltik tavalarda biriken sudan alındığı göz önünde bulundurulduğunda suyun toprak ile teması sonucu metallerin toprağa mobilizasyonunun mümkün olduğu düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı sonuçları sulama suyu kriterleri açısından değerlendirmek için doğrudan nehir suyunun analizi yapılmalıdır. Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise hasat dönemi her iki element derişiminde de bir artış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yaz dönemi sonlarına doğru sıcaklıkların artışı ile buharlaşmanın hızlanması ve yoğun sulama sonucu nehrin debisindeki düşüş ile nehirde ki mevcut kirlilik birikiminin atması olduğu düşünülmektedir.

Bitki sonuçlarında kavuz ve pirinç arasında kesin ve sağlıklı yorum yapılabilecek düzenli bir değişim görülmemiştir. Elde edilen verilere göre pirinç içeriğinde Ni ve Co bakımından toksite oluşturacak değerlere rastlanmamıştır.

KAYNAKLAR

- Arora M, Kiran B, Rani A, Kaur B, Mittal N (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111:811-815.
- Ayers RS, Wescott DW (1976). *Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage*, United Nations Food and Agricultural Organisation, Italy, p. 29.
- Baker, Harza (1953). *Jordan Valley Project, Master Plan Report*, Amman, Jordan.
- TUIK (2018). *Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı*.
- Çeltik üretimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Dartan G, Toröz İ (2013). Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1): 24-40.
- Denkhaus E, Salnikow K (2002). Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity, *Critical Reviews in Oncology Hematology*, 42:35-56.
- Kır İ, Tuncay Y, Tekin S (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentlerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24:155-158.
- Patrick L (2006). Lead Toxicity, A Review. *Alternative Medicine Review*, 11(1):2-22.
- Özkan E, Ahmet K (2008). Ergene Havzasındaki Kirliliğin Sosyo Ekonomik Etkileri, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı. p.15-21, 26-27 Haziran, İzmir, Türkiye.
- Shatanawi M, Al-Zu'bi Y, Al-Jayoussi O (2003). *Irrigation Management Dynamics in the Jordan Valley. Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. p.243-258.
- SKKY (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004. <http://www.mevzuat.gov.tr/>
- Sun X, Fan D, Liu M, Liao H, Tian Y (2019). Persistent impact of human activities on trace metals in the Yangtze River Estuary and the East China Sea: Evidence from sedimentary records of the last 60 years. *Science of The Total Environment*, 654:878-889.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2012). *Atık Su Arıtımı Eylem Planı. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı*. p. 91, Ankara.
- T.C. Edirne Valiliği (2010). *Ergene Analiz Raporu. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü*, p.1-5, Edirne.
- Yazıcı E (2018) *Durum ve Tahmin, PİRİNÇ. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü*, p. 9, Ankara.

Havza Bazlı Bitkisel Üretim ve Sulama Suyu Optimizasyon Çalışmaları ve Önemi

Gonca KARACA BİLGEN^{1,*} 

Süleyman KODAL² 

Yusuf Ersoy YILDIRIM² 

¹Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

*Sorumlu yazar eposta: gonca.karacabilgen@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655499

Öz

Etkin bir sulamanın önündeki sorunların tespit edilmesinin yanı sıra Türkiye’de tarımın yoğun olarak yapıldığı havzalarda çiftçi gelirinin maksimizasyonu için, o işletmede hangi ürünün yetiştirilmesi gerektiği, o ürünün hangi ekiliş oranında yetiştirileceği ve ne kadar sulama suyu uygulanacağı belirlenerek o havzada yetiştirilmesi gereken bitkilerin optimizasyonu yapılmalıdır. Söz konusu bu çalışmada bitki deseni optimizasyonu çalışmaları yapılırken temel veri olarak bitki su tüketimleri ve bitkilerin üretim maliyet ve net gelirleri kullanılmıştır. Bitkilerin su tüketimleri Penman Monteith yöntemiyle hesaplanmıştır. Bitkilerin su tüketimleri 10’ar günlük dönemler için hesaplanmış ve toplamları alınarak aylık ve mevsimlik su tüketimleri elde edilmiştir. Bitkilerin tam sulama (%100 su) ve kısıntılı sulamalar (%80, %60 ve %40 su) için sulama zaman planlarının (sulama programlarının) elde edilmesinde IRSIS yazılımı kullanılmıştır. Her bitki için sulama suyu miktarları ve verim değerlerinden yararlanılarak sulama suyu-verim ilişkisi elde edilmiştir. Daha sonra doğrusal olmayan programlama tekniği ile her havza için farklı su kaynağı kapasitelerinde maksimum işletme gelirini sağlayacak optimum bitki deseni belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmaların yürütüldüğü havzalarda 100 da büyüklüğündeki bir tarım işletmesi için toplam sulama suyu ihtiyacı ve net gelir değerleri elde edilmiştir. Sulama politikaları ve sulama etkinliği konusunda çalışan kamu-kurum ve özel sektör uzmanlarının ve karar vericilerin sulama yatırımı ve işletilmesi konularında politika geliştirmede kullanabileceği bilgiler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Optimum bitki deseni sulama etkinliği, sulama politikaları

Watershed-Based Crop Production and Irrigation Water Optimization Studies and Importance

Abstract

In addition to detecting problems with an effective irrigation, for the maximization of farmer income in the basins where agriculture is concentrated in Turkey, it is necessary to optimize the crops in that basin by determining the crops that should be grown, the area at which the crops will be grown and how much irrigation water will be applied. In this study plant water consumption and production costs and net income of plants were used as basic data in crop pattern optimization studies. The water consumption of plants is calculated by Penman Monteith method. The water consumption of the plants was calculated for 10-day periods and the monthly and seasonal water consumption was obtained by taking the totals. IRSIS software was used to obtain irrigation programs for full irrigation (100% water) and deficit irrigations (80%, 60% and 40% water). Irrigation water-yield relationship was obtained by

using irrigation water quantities and yield values for each plant. The non-linear programming technique was then used to determine the optimal crop pattern for each basin to provide maximum operating revenue for different water resource capacities. As a result, total irrigation water needs and net income values were obtained for a farm in the size of 10 ha in the basins where the studies were carried out. Information on the use of irrigation policies and irrigation efficiency by public-private and private sector experts and decision-makers on irrigation investment and management issues has been obtained.

Keywords: Irrigation efficiency, irrigation policy, optimum crop pattern

GİRİŞ

Özellikle küresel iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde yaratacağı etkilerin belirsizliği su yönetimdeki belirsizlikleri artırmıştır. Sulama suyunun kısıtlı ve pahalı olduğu yerlerde su tasarrufu sağlayabilecek yeni yöntemlerin seçimi yanında kısıtlı sulama uygulaması da bir alternatif olarak göz önünde tutulmaktadır. Kısıtlı sulama, belirli seviyelerde su eksikliğine ve bitki verimi azalmasına izin verilmesi durumunda yapılan bir yaklaşımdır. Sulu tarım işletmesinde gerek yeterli gerekse kısıtlı su koşullarında su kullanım etkinliğini arttıran ve aynı su ile daha fazla gelir elde edilmesini sağlayan tedbirlerden biri de işletme için optimum bitki deseninin belirlenmesidir. Optimum bitki deseni çalışmalarının hedefi işletme gelirini maksimize etmek ve kısıtlı su kaynaklarını etkin kullanmaktır.

Havza bazlı su yönetiminin oluşturulmasında su havzaları ve tarım havzaları örtüştürülmeli ve geleceğe yönelik havza bazlı çalışmalarda tarım havzaları da göz önünde bulundurulmalı, her havza kendi şartlarına göre planlanmalıdır.

Bu çalışmada tarımın yoğun olarak yapıldığı havzalarda çiftçi gelirinin maksimizasyonu için o işletmede hangi ürünün yetiştirilmesi gerektiği, o ürünün kaç dekar alanda (veya hangi ekiliş oranında) yetiştirileceği ve ne kadar sulama suyu uygulanacağına ilişkin çalışmalar yapılmıştır (Kodal vd., 2016).

MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup bu çalışmada 22 havza değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda değerlendirilen istasyon illeri ve maliyetlerine ulaşılan bitki sayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Havzaların seçiminde sulamaya ihtiyaç duyulma durumu ve yeterli bitki maliyet verisi elde edilme durumu dikkate alınmıştır. Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Asi, Çoruh ve Van havzaları değerlendirmeye alınmamıştır. Bitkilerin

su tüketimleri Penman Monteith yöntemiyle onar günlük dönemler için hesaplanmıştır (Güngör vd., 2004). Bitki su tüketimleri TAGEM ve bağlı araştırma enstitüleri, DSİ ve bazı üniversitelerin katılımı ile gerçekleştirilen Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri isimli rehberden alınarak hesaplanmıştır (Anonim, 2017).

Çizelge 1. Havza bazlı hesaplamalarda ele alınan il ve bitki sayıları

Table 1. Number of provinces and plants discussed in basin-based calculations

Sıra no	Havza	İstasyon-İl	Bitki sayısı
1	Akarçay	Afyon	3
2	Antalya	Antalya	4
3	Aras	Iğdır	4
4	Aşağı Fırat	Şanlıurfa	5
5	Batı Akdeniz	Fethiye-Muğla	5
6	Büyük Menderes	Aydın	3
7	Burdur	Burdur	5
8	Ceyhan	Adana	26
9	Dicle	Diyarbakır	4
10	Doğu Akdeniz	Tarsus-Mersin	25
11	Gediz	Manisa	12
12	Küçük Menderes	Ödemiş-İzmir	14
13	Kızılırmak	Bafra-Samsun	13
14	Konya	Konya	9
15	Kuzey Ege	Bergama-İzmir	15
16	Marmara	Bursa	13
17	Meriç-Ergene	Edirne	4
18	Sakarya	Eskişehir	3
19	Seyhan	Adana	26
20	Susurluk	Balıkesir	9
21	Yeşilirmak	Tokat	10
22	Yukarı Fırat	Elazığ	4
Toplam			216

Bitkilerin tam sulama (%100 su) ve kısıtlı sulamalar (%80, %60 ve %40 su) için sulama zaman planlarının (sulama programlarının) elde edilmesinde IRSIS yazılımı kullanılmıştır. Çözümler her iklim istasyonu ve her bitkinin 4 farklı su düzeyi için ayrı ayrı yapılmıştır. Her sulama zaman

planı ile mevcut koşullarda kaç sulama yapılması, ne kadar sulama suyu verilmesi gerektiği ve alınabilecek verim oranı elde edilmiştir (Kodal, 2011). Her bitki için sulama suyu miktarları ve verim değerlerinden yararlanılarak sulama suyu-verim ilişkisi elde edilmiştir. Bu sonuçlar bitkilerin net gelir değerlerinin ve su-gelir ilişkilerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 2015 yılı için net gelir değerleri kullanılmıştır. Yeterli verimin elde edilebilmesi durumunda son 5 veya son 10 yıla ilişkin net gelir tablolarının ortalama değerlerinin kullanılmasında yarar bulunmaktadır. Ayrıca maliyeti bulunabilen bitki sayısı az, su tüketimi bulunabilen bitki sayısı daha fazla olmuş, ancak maliyet bilgisi olan bazı bitkilerde su tüketimi bulunmamıştır, bu nedenle değerlendirmeye alınan bitki sayısı bazı havzalarda 3'e kadar düşmüştür.

Alınan maliyet çizelgeleri tam sulama için net gelir değerlerine karşılık gelmektedir. Bu çizelgelerde, kısıntılı sulamalar için IRSIS yazılımı ile belirlenen sulama zaman planlaması

sonuçlarından yararlanılarak, verime göre değişen üretim masrafları ve sulama masrafları yeniden hesaplanmış ve kısıntılı sulama zaman planları için net gelir değerleri hesaplanmıştır (Kodal, 2011). Her bitki için net sulama suyu ve gelir değerlerinden yararlanılarak bitki sulama suyu-gelir ilişkisi elde edilmiştir.

Çalışmaların yapıldığı her havza sulama alanları için optimum bitki deseninin ve sulama suyu-net gelir ilişkisinin belirlenmesinde doğrusal olmayan programlama tekniğinden yararlanılmıştır. Çözümlemeler Excel yazılımı ile yapılmıştır. Oluşturulan modelin amaç fonksiyonunda bitkilerin su-gelir ilişkileri yer almıştır. Modelin kısıtlar bölümünde ise ekim alanı, ikinci ürün ekim alanı, nadas, bitkilerin maksimum ve minimum ekim oranları, sulama suyu miktarı gibi kısıtlar yer almıştır. Modelin çözümü ile 100 da büyüklüğünde bir işletmede en yüksek bitkisel üretim gelirinin elde edilebilmesi için hangi bitkinin, kaç dekar alanda, ne kadar sulama suyu verilerek yetiştirilmesi gerektiği, bu durumda toplam bitkisel üretim gelirinin ne kadar olacağı belirlenmiştir (Kodal, 2011).

Çizelge 2. Adana ilinde bitkilere göre mevsimlik su tüketimleri

Table 2. Seasonal evapotranspiration to plants in Adana province

Bitki	Ekim Tarihi	Hasat Tarihi	Yetiştirme Dönemi Uzunluğu (gün)	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi, ETm (mm)	Bitki	Ekim Tarihi	Hasat Tarihi	Yetiştirme Dönemi Uzunluğu (gün)	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi, ETm (mm)
Ayçiçeği (2. ürün)	25.6	27.9	94	324	Mısır (silaj) 2. ürün	20.6	17.9	89	327
Bakla (taze)	15.10	13.3	149	199	Narenciye	1.1	31.12	364	819
Balkabağı	15.4	21.9	159	641	Pamuk	15.4	11.10	179	742
Bamya	15.4	27.8	134	610	Patates	15.4	12.8	119	529
Biber (salça)	1.4	22.9	174	744	Patates (turfanda)	1.11	19.4	169	288
Buğday (kışlık)	15.11	2.6	199	427	Patlıcan	1.4	28.8	149	623
Çeltik	20.4	6.10	169	717	Soğan (yeşil)	1.4	9.6	69	199
Çeltik (2. Ürün)	15.6	17.10	124	457	Sorgum (silajlık)	1.5	28.8	119	478
Çilek	15.2	12.10	239	818	Soya fasulyesi	25.4	11.9	139	578
Domates (yer)	1.4	8.8	129	563	Soya fasulyesi (2. ürün)	8.10	25.4	199	273
Elma	25.3	9.11	229	853	Susam	25.4	22.8	119	509
Erik	15.3	9.11	239	863	Susam (2. ürün)	20.6	7.10	109	361
Fasulye (taze)	10.3	12.7	124	491	Şeftali	20.2	17.10	239	905
Hıyar	20.3	17.7	119	438	Üzüm (sofralık, kuru)	1.3	11.10	224	768
Hıyar (2. ürün)	10.7	22.10	104	277	Üzüm (şaraplık)	1.3	11.10	224	619
Karpuz	15.3	22.6	99	334	Yerfıstığı	1.5	27.10	179	652
Kiraz	15.3	9.11	239	852	Yerfıstığı (2. ürün)	20.6	17.10	119	383
Maydanoz	1.1	3.3	61	793	Yonca	10.2	8.4	57	980
Mısır (dane)	15.3	11.8	149	664	Zeytin (yağlık)	5.3	30.10	239	647

Optimum bitki deseni çözümleri sonucunda belirlenen işletme için gerekli net sulama suyu ihtiyaçları sulama randımanına bölünerek brüt (toplam) sulama suyu ihtiyacına çevrilmiştir. Havzalar arasında karşılaştırma yapılabilmesi için tüm havzalarda sulama randımanı 0,60 olarak alınmıştır. Optimum bitki desenleri belirlendikten sonra her havza için toplam sulama suyu-net gelir eşitlikleri elde edilmiştir.

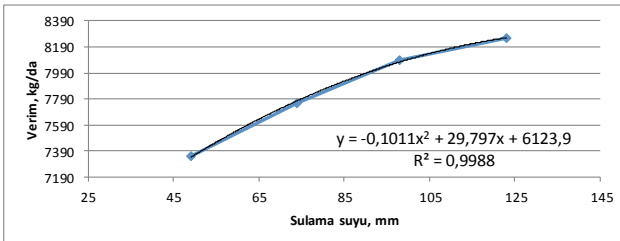
Aşağıdaki bölümde Seyhan Havzası için optimum bitki deseni çalışmaları ayrıntılı olarak açıklanmış ve tüm havzaların optimum bitki desenleri, su-gelir eşitlikleri ve sonuçların karşılaştırılması verilmiştir.

Seyhan Havzası optimum bitki deseni

Çalışmada Seyhan havzasında bulunan Adana ili, tarımsal arazisi ve sulama alanlarının çok olması bakımından örnek olarak seçilmiş ve optimum ürün deseni çıkarılmıştır. Adana ilinde yetiştirilen bitkilerin su tüketimleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgede bitkilerin hesaplamalarda kullanılan ekim ve hasat tarihleri ve yetiştirme dönemi uzunlukları da görülmektedir.

Sulama zaman planlaması

Her havzada her bitki için tam sulama (%100 su) ve kısıntılı sulamalar (%80, %60 ve %40 su) için sulama zaman planları (sulama programları) elde edilmiş ve bitkiye verilmesi gereken sulama suyu miktarı, sulama sayısı, verim düzeyi gibi sonuçlar belirlenmiştir. Bu planlama sonuçlarından yararlanılarak her istasyon ve her bitki için sulama suyu miktarı ile verim arasındaki ilişkiler elde edilmiş olup örnek olarak karpuz için su-verim ilişkisi Şekil 1’de verilmiştir.

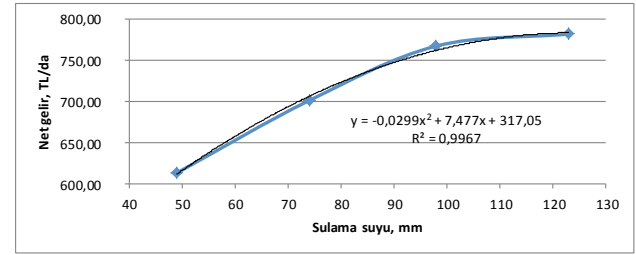


Şekil 1. Karpuz için sulama suyu-verim ilişkisi
Figure 1. Irrigation water-yield relationship of watermelon

Bitkilerin net gelir değerleri ve su-gelir ilişkileri

Farklı sulama suyu miktarı (net su) ve karşılık gelen gelir değerlerinden yararlanılarak her havzada her bitki için sulama suyu-gelir ilişkisi elde

edilmiştir. Örnek olarak karpuz için su-gelir ilişkisi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Karpuz için sulama suyu-gelir ilişkisi
Figure 2. Irrigation water-income relationship for watermelon

Optimum bitki deseni ve bitkisel üretim geliri

Farklı su kapasitesine sahip işletmeler için belirlenen optimum bitki deseni, optimum sulama suyu miktarı ve işletme geliri Çizelge 3’de verilmiştir.

Yeterli suya sahip işletmede (K100) buğday, çilek, domates, erik, hıyar, patlıcan, patates ve yerfıstığı-2 bitkileri yer almıştır. Sulu ana ürün bitkilerin ekim alanı toplamı 100 da dır. 20 da buğdaydan sonra ikinci ürün ekimi vardır (yerfıstığı-2). Bu işletmede bitki deseninde yer alan tüm bitkilere verilmesi gereken sulama suyu miktarı maksimumdur (%100), yani tam sulama yapılmalıdır, kısıntılı sulama yapılmamalıdır. Bu işletmenin net geliri 169,762 TL, verilmesi gereken sulama suyu ise brüt 67.667 m³ tür. Birim alan geliri 1,679 TL da⁻¹, birim su geliri 2.51 TL m⁻³ tür.

İşletmenin su kapasitesi azaldıkça ya bitkilerin alanı azalmakta, ya bitkiye verilecek su miktarı azalmakta ya da o bitki desenden çıkmakta ve başka bir bitki desene girmekte, işletme geliri azalmaktadır. Çizelgede dikkat çeken nokta, işletme su kapasitesinin %10 azalmasına karşın (K90), işletme gelirinin çok az azaldığıdır. K90 işletmesinin geliri %1 azalmıştır. K50 işletmesinde su kapasitesi %50 azaldığı halde geliri %33 azalmıştır. Bu sonuçlar optimum bitki deseni çalışmalarının önemini göstermektedir.

Sulama suyu kapasitesinin %20 olduğu (8.120 m³ suya sahip) işletmede bitki deseninde 10 da domates olmalı ve tam sulama yapılmalı, 10 da hıyar olmalı ve tam sulama yapılmalı, 2.47 da patlıcan olmalı ve tam sulama yapılmalı, 7.53 da soğan olmalı ve yine tam sulama yapılmalıdır. Bu durumda maksimum işletme geliri elde edilebilecektir. 30 da alanda sulu tarım yapılacak ve kalan 70 da alan boş bırakılacak veya kuru tarım yapılacaktır (kuru tarım

Çizelge 3. Seyhan havzasında 100 da işletme için optimum bitki deseni sonuçları
Table 3. Optimum plant pattern results for 100 da in Seyhan Basin

İşletme kodu	K100	K90	K80	K70	K60	K50	K40	K30	K20
İşletme sulama suyu kapasitesi (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20
İşletme sulama suyu kapasitesi-net (m ³)	40,6	36,54	32,48	28,42	24,36	20,3	16,24	12,18	8,12
Bitki	Optimum Bitki Deseni								
Buğday	Alan (da. %)	20.00		20.00	20.00	20.00	20.00		
	Su (mm)	50.00		50.00	50.00	20.00	20.00		
	Su (%)	100.00		100.00	100.00	40.00	40.00		
Çilek	Alan (da. %)	20.00	15.95						
	Su (mm)	561.00	561.00						
	Su (%)	100.00	100.00						
Domates	Alan (da. %)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Su (mm)	386.00	386.00	386.00	383.77	375.91	333.92	386.00	386.00
	Su (%)	100.00	100.00	100.00	99.42	97.39	86.51	100.00	100.00
Erik	Alan (da. %)	10.00		4.29		2.7			
	Su (mm)	532.00		532.00		532.00			
	Su (%)	100.00		100.00		100.00			
Hıyar	Alan (da. %)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Su (mm)	253.00	253.00	253.00	253.00	253.00	219.57	253.00	253.00
	Su (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	86.79	100.00	100.00
Patlıcan	Alan (da. %)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	2.47
	Su (mm)	451.00	451.00	451.00	451.00	451.00	426.00	451.00	451.00
	Su (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	94.46	100.00	100.00
Pamuk	Alan (da. %)								
	Su (mm)								
	Su (%)								
Patates	Alan (da. %)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	15.80	3.79	
	Su (mm)	338.00	338.00	338.00	338.00	338.00	338.00	338.00	338.00
	Su (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Şeftali	Alan (da. %)				0.84				
	Su (mm)				431.83				
	Su (%)				80.27				
Soğan-taze	Alan (da. %)								7.53
	Su (mm)								82.00
	Su (%)								100.00
Yerfıstığı-2	Alan (da. %)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00		
	Su (mm)	270.00	270.00	270.00	164.01	108.00	108.00		
	Su (%)	100.00	100.00	100.00	60.74	40.00	40.00		
Zeytin-sofralık	Alan (da. %)	14.05	20.00	20.00	20.00	3.86			
	Su (mm)		294.08	307.00	307.00	156.95	307.00		
	Su (%)		95.79	100.00	100.00	51.12	100.00		
Zeytin-yağlık	Alan (da. %)								
	Su (mm)								
	Su (%)								
Ana Ürün Alan Toplamı	100.00	80.00	94.29	90.84	92.07	73.86	45.80	33.79	30.00
2. Ürün Alan Toplamı	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00
İşletme sulama suyu kapasitesi (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20
İşletme net geliri (TL)	169.762	167.94	160.77	153.73	148.65	131.34	107.32	86.555	64.542
İşletme net geliri (%)	100	99	95	91	88	77	63	51	38
İşletme alanı (da)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
İşletme Birim Alan Geliri (TL/da)	1698	1679	1608	1537	1487	1313	1073	866	645
İşletme sulama suyu kapasitesi-brüt (m ³)	67.667	60.9	54.133	47.367	40.6	33.833	27.067	13.533	13.533
İşletme Birim Su Geliri (TL/m ³)	2.51	2.76	2.97	3.25	3.66	3.88	3.96	4.77	4.77

yapılması durumunda işletme geliri az miktarda artacaktır ancak bu çalışmada kuru bitkilerin üretimi dikkate alınmamıştır). Sulu bitkilerden elde edilecek gelirin 64,542 TL olması beklenmektedir. Bu işletmenin birim alan geliri 645 TL da¹ dir.

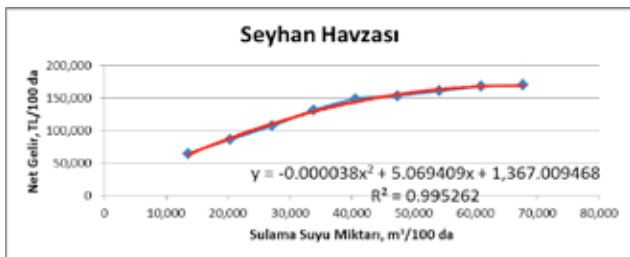
İşletmenin birim su geliri yeterli su kapasitesinde 2,51 TL m⁻³ iken su kapasitesi azaldıkça bu değer artmakta ve %20 kapasiteye sahip işletmede 4,77 TL m⁻³ e yükselmektedir.

Elde edilen optimum bitki deseni sonuçlarının uygulamada elde edilebilmesi için bu çalışmada yapıldığı gibi bitki su tüketimlerinin, sulama zaman planlamasının, sulama uygulamasının doğru ve yöre koşullarına uygun şekilde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmaları çiftçinin tek başına yapması elbette beklenemez, ilgili kurumların desteği ve bu konuda çiftçi eğitimi yapılması zorunlu görülmektedir.

Seyhan havzasında yapılan bir çalışmada optimum bitki deseni çalışması sonucunda belirlenen çiftçi gelirinin, mevcut durumdaki işletme gelirin yaklaşık 8 katı olduğu, ayrıca çiftçinin optimum bitki deseni çalışması sonucunda belirlenen suyun yaklaşık 2 katını kullandığı belirlenmiştir. Bu sonuç hem aşırı sulamanın önlenmesi hem de aynı suyla daha fazla gelir elde edilebilmesi için yapılması gereken çalışmalar arasında optimum bitki deseni çalışmalarının önemini açıkça ortaya koymaktadır (Anonim 2016).

Sulama suyu- işletme bitkisel üretim geliri ilişkisi

Adana için örnek tarım işletmesinde işletme su kapasitesi ile işletme geliri arasındaki ilişki Şekil 3'de verilmiştir. Verilen eşitlik, bu havzada 100 da büyüklüğündeki bir işletmede bitkisel üretime ayrılacak sulama suyu miktarının bilinmesi halinde elde edilecek net gelir değerinin hesaplanmasında kullanılabilir.

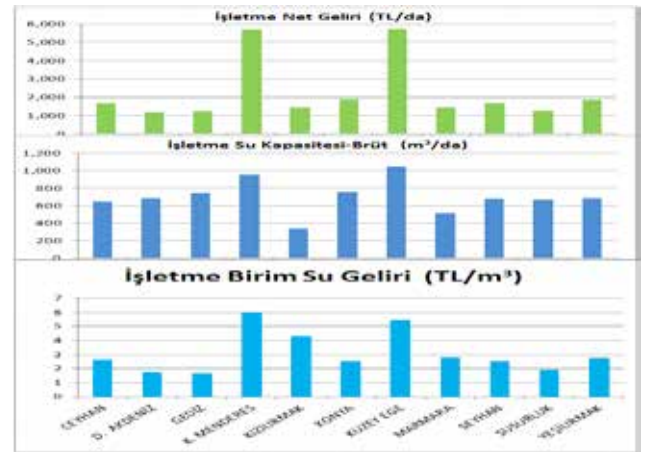


Şekil 3. Seyhan havzasında işletmenin su kapasitesi ile işletme geliri arasındaki ilişki

Figure 3. Relationship between water capacity and income of the enterprise in Seyhan Basin

Havzalarda işletme su kapasitesi işletme geliri ve birim su geliri sonuçları

Bu bölümde net gelir değeri bulunabilen bitki sayısının 9 dan fazla olduğu havzalar dikkate alınmıştır. Şekil 4'de su kaynağının yeterli olduğu koşulda havzalarda birim alandan elde edilebilecek net gelir, bu geliri elde etmek için gerekli olan sulama suyu miktarı ve birim suya karşılık elde edilecek gelir değerleri verilmiştir. Havzalarda işletme geliri grafiği incelendiğinde K. Menderes ve Kuzey Ege havzalarında gelir değerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir (5.000 TL nin üzerinde) diğer havzalarda ise birbirine yakındır ve 2.000 TL nin altındadır. K. Menderes ve Kuzey Ege havzalarında gelir değerinin oldukça yüksek olmasının nedeni, havzalarda yeterli sayıda bitki ile çalışılmaması ve çalışmanın yapıldığı yıl bazı bitkilerin net gelir değerlerinin yüksek, bazılarının sıfır hatta negatif olması olabilir. Bu nedenle bitkilerin tek bir yıla ilişkin net gelir değerleri yerine birkaç yıla ilişkin net gelir değerlerinin kullanılmasında yarar görülmektedir.



Şekil 4. Havzalarda yeterli su koşulunda net gelir su kapasitesi ve birim alan net gelirlerin dağılımı

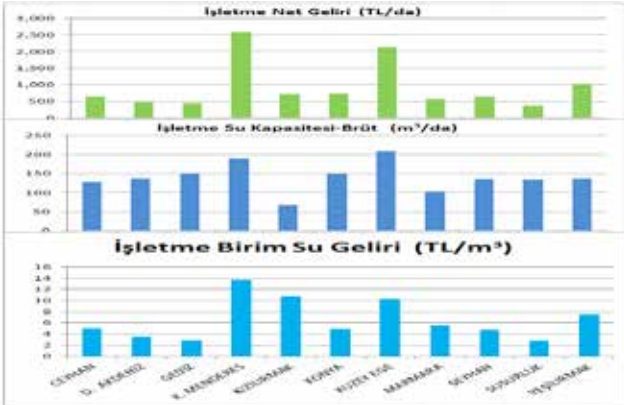
Figure 4. Net income water capacity and distribution of net revenues in the basins under adequate water conditions

Havzalarda belirtilen gelirin elde edilebilmesi için gerekli sulama suyu miktarı incelendiğinde yine K. Menderes ve Kuzey Ege havzalarında gerekli su miktarının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğu görülmektedir, en düşük değer ise Kızılırmak havzasındadır. Havzalarda birim suya karşılık elde edilecek gelir değerleri grafiği incelendiğinde yine K. Menderes ve Kuzey Ege havzalarında birim su geliri değerinin diğer havzalara oranla yüksek olduğu görülmektedir.

Gelir değerleri havzanın veya istasyonun başta yağış olmak üzere iklim koşullarına, yetiştirilen

bitkilere ve su tüketimlerine göre değişim göstermektedir. Bu sonuçlarda elbette ki bazı havzalarda yeterli sayıda bitkiye ilişkin bilginin elde edilememesi de etkili olabilir. Doğudaki havzalarda net gelirin daha düşük, batıdaki havzalarda ise yüksek olduğu görülmektedir.

Bu tür değerlendirmeler su kaynağının yeterli olduğu koşul yanında su kaynağının kısıtlı olduğu farklı sulama suyu düzeyleri için de yapılabilir. İncelenen en düşük su kaynağı (%20) koşulunda havzalarda birim alandan elde edilebilecek net gelir, bu geliri elde etmek için gerekli olan sulama suyu miktarı ve birim suya karşılık elde edilecek gelir değerleri Şekil 5'de verilmiştir. Buna göre %20 su kapasitesinde birim alandan elde edilebilecek gelir değeri yine K. Menderes ve Kuzey Ege havzalarındadır ve 2000-2500 TL civarındadır. Diğer havzalarda ise 1000 TL nin altındadır. Yeterli su kapasitesi ile karşılaştırılırsa gelir yaklaşık yarıya düşmektedir (su kapasitesi %80 azaldığı halde). Tabii ki bu durum sulamanın tekniğine uygun ve sulama zaman planlaması ile desteklenmesi ve optimum bitki deseni çalışması yapılması ile mümkün olabilecektir. Birim su geliri ise K. Menderes, Kızılırmak ve Kuzey Ege havzalarında daha yüksektir, ancak bu su düzeyinde birim su geliri tam su düzeyindeki değer yaklaşık 2 katıdır (14 TL civarında).



Şekil 5. Havzalarda kısıtlı su (%20) koşulunda net gelir su kapasitesi ve birim alan net gelirlerin dağılımı

Figure 5. Net income water capacity and distribution of net revenues in the basins with limited water condition (20%)

SONUÇLAR

Tarım alanlarında optimum bitki deseninin belirlenmesi çalışmaları, çiftçilerin mevcut uygulamalarına oranla daha az su ile daha fazla gelir elde etmeleri açısından önem taşımaktadır.

Nitekim havza bazlı sektörel su tahsisi projeleri şu anda 3 havzada çalışılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalarda tarım sektörüne normal ve kurak yıllarda ne kadar sulama suyu ayrıldığına ne kadar gelir elde edilebileceği bitki deseni optimizasyonu ile belirlenmektedir.

Bu tür çalışmaların havza, alt havza, mikro havza, ova vb. bazında yapılması durumunda elde edilecek sonuçların ülkemizde özellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde sulama politikaları, sulama yatırımlarına karar verilmesi, sulama sistemlerinin işletilmesi, desteklenecek ürünlere karar verilmesi gibi konularda çalışan yönetici ve teknik elemanlara çok yardımcı olacağı aşikardır.

Özellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu koşulda toplam alandan en yüksek gelirin elde edilebilmesi için hangi sulama alanına hangi oranda sulama suyu verileceği, verilen suyla hangi bitkilerin yetiştirileceği ve her bitkiye ne oranda sulama suyu verileceği belirlenebilir.

Bu tür çalışma sonuçları tarımsal üretim planlaması amacıyla da kullanılabilir. Belirli bitkilerden en yüksek üretim miktarının elde edilebilmesi için hangi sulama alanına hangi oranda sulama suyu verileceği, verilen suyla hangi bitkilerin yetiştirileceği ve her bitkiye ne oranda sulama suyu verileceği belirlenebilir.

Bu tür çalışmalardan sağlıklı veri üretilebilmesi için 2 temel bilginin sağlığı olması gerekmektedir. Bunlardan biri bitki su tüketimleridir. Bu konuda kapsamlı bir çalışma yapılarak onar günlük dönemler için ülkemizde 29 iklim bölgesi ve 259 iklim istasyonunda 81 bitkinin su tüketimleri Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanmış ve kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.

Diğer önemli veri ise bitkilerin üretim girdi ve maliyetleri ile net gelir değerleridir. Bu bilgiler il-ilçe bazında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanmakta ve Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından kontrol edilerek kullanıcılara verilmektedir. Bu verilerin kontrollerinin yapılarak kullanıcılara verilmesinde zaman zaman yaşanan aksaklıkların giderilmesinde yarar vardır.

Çalışmada elde edilen sonuçların sulama politikaları ve sulama etkinliği konusunda çalışan ilgili kamu-kurum ve özel sektör uzmanlarına yararlı olması beklenmektedir.

Havza bazlı modelleme sonuçlarının:

- Komşu-yakın havzalar arasında su nakline karar verilmesinde (iki havzadan elde edilecek toplam gelirin maksimize edilebilmesi için, sosyal adalet te göz önüne alınarak suyun optimum paylaşımında),
- Havzalar bazında sulama yatırımlarına karar verilmesinde,
- Havza bazlı desteklemelere karar verilmesinde,
- Havza bazlı sektörel su tahsisi ile ilgili projelerde yararlı olması beklenmektedir.

Bu çalışmalar yağış açısından ortalama koşullar için yapılabildiği gibi, hafif, orta ve şiddetli kurak koşullar için de yapılabilmektedir, elde edilen sonuçlar gelecekte farklı şiddetteki kurak yıllarda kıt su kaynaklarının yönetiminde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2016). Seyhan Havzası sektörel su tahsis planı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim (2017). Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O (2004). Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1540, Ders Kitabı, p. 493, Ankara.
- Kodal S (2011). Sulama programlaması ve optimum bitki deseni tayini. Uluslararası Tarımsal Eğitim Merkezi Müdürlüğü (Basılmamış Ders Notu), Ankara
- Kodal S, Yıldırım YE, Yıldız D, Bingöl Ü, Aksu S, Karaca Bilgen G (2016). Tarımsal sulama politikaları sulama yönetimi ve sulama etkinliğinin değerlendirilmesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Araştırma - Geliştirme Destekleri Proje Sonuç Raporu, Ankara.

Orta Karadeniz Bölgesi Toprak Sıcaklığının Zaman Serisi Analizi Yöntemi İle Modellenmesi

Filiz KARA^{1,*} 

Bilal CEMEK² 

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): filiz.kara@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655501

Öz

Bu çalışma Orta Karadeniz Bölgesinin illerine ait farklı katmanlarda (5, 10, 20, 50, 100 cm) ölçülen aylık ortalama toprak sıcaklık değerlerinin Box Jenkins (BJ) tekniği ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. 1969-2013 yıllarına ait aylık ortalama toprak sıcaklık değerleri analiz edilerek mevsimsellikten arındırılmış daha sonra, oluşan bu veri setlerine uygun modeller belirlenmiştir. 2013-2019 yılları arasındaki öngörüler elde edilmiştir. Samsun, Amasya ve Ordu ilinin her bir katmanı için uygun model Mevsimsel Otoregrasyon olarak belirlenmiştir. Bu istasyonlara ait belirleme katsayısı (R^2) değerleri 0.59-0.96 arasında, tahmin hatasının standart sapması (RMSE) değerleri 1.55-4.93 arasında ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri ise 1.24-4.28 değerleri arasında değişim göstermiştir. Tokat ve Çorum ilinin her bir katmanı için uygun model Mevsimsel Hareketli Ortalama olarak tespit edilmiştir. Bu istasyonlara ait belirleme katsayısı (R^2) değerleri 0.83-0.95 arasında, tahmin hatasının standart sapması (RMSE) değerleri 1.79-4.68 arasında ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri ise 0.03-3.91 değerleri arasında değişim göstermiştir. Çalışma sonucu zaman serisi modellerinin Orta Karadeniz Bölgesi illeri aylık ortalama toprak sıcaklık hesaplamalarında başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler : ARIMA modelleri, box jenkins tekniği, iklim, toprak sıcaklığı

Modeling of Soil Temperature in Central Black Sea Region by Time Series Analysis Method

Abstract

The aim of this study is to estimate the monthly average soil temperature measured in different layers (5, 10, 20, 50, 100 cm) of the Central Black Sea Region by Box Jenkins (BJ) technique. The monthly average soil temperature values of the years 1969-2013 were analyzed and seasonally adjusted and then the models suitable for these datasets were determined. The projections for 2013-2020 were obtained. The appropriate model for each layer of Samsun, Amasya and Ordu is determined as seasonal autoregression. The determination coefficient (R^2) values of these stations are between 0.59-0.96, the standard deviation (RMSE) of the estimation error is between 1.55-4.93 and the mean absolute error (MAE) values are 1.24-4.28 values have changed. The appropriate model for each layer of Tokat and Çorum was determined as Seasonal Moving Average. The coefficient of determination (R^2) of these stations is between 0.83-0.95 and the standard deviation (RMSE) of the estimation error is between 1.79-4.68 and the mean absolute error (MAE) is 0.03-3.91 values have changed. As a result of the study, it was seen that time series models yielded successful results in the monthly average soil temperature calculations in the Central Black Sea Region provinces.

Keywords: ARIMA models, box jenkins technique, climate, soil temperature

GİRİŞ

Toprak sıcaklığı toprak içerisinde bitkisel üretimi etkileyen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik faaliyeti etkilemektedir (Öztekin vd., 2008). Toprakta suyun bulunuşu, hareketi, buharlaşması ve hava kapasitesi, ayrışması olayları, mikrobiyolojik faaliyet, kök solunumu ve vejetatif faaliyet gibi olayların tümü toprak sıcaklığının etkisi altındadır (Özkan, 1985; Karaman vd., 2007). Toprak profilinde sıcaklık günlük, aylık veya yıllık olarak değişim göstermektedir. Bu değişim bir gün veya bir yıl olmak üzere zamanın periyodik fonksiyonları şeklindedir. Toprak yüzeyinde sıcaklık değişimi fazla olup, aşağı katmanlara doğru inildikçe azalmaktadır. Toprağın 35-100 cm derinliğinde ise sıcaklığın günlük değişimi pratik olarak sabit değerlere ulaşmaktadır (Ekberli vd., 2005)

Toprak sıcaklığının kaynağı atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarıdır. Güneşten kaynaklanan enerji girişlerinin karşısında enerji kayıpları yer alır, bu kayıplar uzun zaman aralıklarında ve geniş bölgelerde enerji girişiyle yaklaşık aynı büyüklüktedir. Bu durum, yer yüzeyinin sürekli güneşten gelen ışınlarla maruz kalmasına rağmen bir bütün olarak bakıldığında yüzeydeki sıcaklığının kuvvetlice değişmemesinden de anlaşılabilir; böylece belirli yerler ve zaman aralıkları için ortalama toprak sıcaklıklarının belirtilmesi anlamlıdır (Schachtschabel, 1995).

Toprak sıcaklığının değişimi toprak rutubetinin değişimine ve toprakta su dengesinin oluşumuna önemli etki yapmaktadır. Toprakta suyun taşınım potansiyeli, toprak sıcaklığı ve rutubetinin bir fonksiyonudur. Gözenekli bir yapıya sahip olan toprakta suyun buharlaşarak taşınımı sıcaklık değişimi sonucunda oluşmaktadır. Toprak profilindeki su buharı geceleri alt katmanlardan daha soğuk olan üst katmanlara doğru hareket etmektedir. Toprak nemi ve sıcaklık değişimleri arasındaki nicel bağımlılık, topraklar arasında farklılık göstermektedir (Gerayzade, 1989).

Bölgedeki tarımsal üretimde ürün kalitesini ve verimliliği arttırmak, ürün kayıplarını en aza indirmek, bölgenin doğal yapısını korumak, tarımsal üretimde uygun ürün çeşidini belirlemek, bölgede olası iklim değişikliğinde bölge şartlarına uygun ağaç cinslerini belirlemek ve toprağın mevcut özelliklerini korumak ve geliştirmek için toprak sıcaklıklarının bilinmesi gerekir. Bölgenin değişik topografik yapısı içerisinde her noktada

sıcaklık ölçme imkânı olmadığından toprak sıcaklıklarının tahmin edilerek belirlenmesi önemlidir. Ayrıca, bölgede toprak sıcaklıklarının belirlenmesi ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplarında net sonuçların ortaya çıkarılması açısından da büyük önem taşır (Bilgili vd., 2011).

1995 yılında IPCC'nin (ülkeler arası iklim değişikliği paneli) iklim modelleri ile yapılan projeksiyonlarına göre; 2030 yılına kadar Türkiye'nin büyük bir kısmının oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine gireceği, sıcaklıkların kışın 2 °C, yazın ise 2 °C ile 3 °C artacağı öngörülmektedir (Kadioğlu, 2009). Belirli bir problemi modellemek için uygun bir yöntem seçilmesi; modellenecek seri sayısı, gerekli doğruluk, modelleme girdileri, modelleri kullanma kolaylığı, sonuçları yorumlama kolaylığı gibi birçok faktöre bağlıdır (Mondal vd., 2006).

Zaman serileri kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılır. Bunlar doğrusal filtreleme modelleri olarak da bilinirler. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modelleri Yule (Yule, 1927) tarafından düşünülmüştür. Diğer bir model, hareketli ortalama (MA-Moving Average) ilk defa Slutsky (Slutsky, 1927) tarafından ortaya atılmıştır. AR ve MA modellerinin karışım olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA - AutoRegressive Moving Average) modelleri ilk defa Wold (Wold, 1954) tarafından geliştirilmiştir. AR, MA, ARMA modelleri en genel doğrusal, durağan Box Jenkins modelleridir. Durağan olmayıp fark alma işlemi sonucunda durağanlaştırılan serilere uygulanan modellere Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA-AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli denilmektedir. Bu model Box Jenkins tekniği olarak da adlandırılır. Bu teknik derlenen kesikli zaman serilerinin ve dinamik sistemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Box Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modeli belirlemektir. Bu modelleme yardımıyla yolcu yoğunlukların dikkate alan dinamik çizelgeleme de yapılabilir (Yaman vd., 2001).

Zaman serileri analizinde kullanılan birçok yöntem vardır. Box-Jenkins yöntemi, doğrusal zaman serilerinin analizinde en bilinen ve en çok kullanılan metotlardan biridir. Doğrusal ve durağan süreçlerde ya da durağan olmayan fakat çeşitli

istatistiksel yöntemlerle durağanlaştırılabilen serilerde Box-Jenkins yöntemi başarıyla uygulanabilir. Ancak birçok zaman serisi doğrusal ilişkinin yanı sıra doğrusal olmayan ilişki de içermektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı olarak Orta Karadeniz Bölgesi belirlenmiş olup, bölge illerinin 5 farklı toprak katmanındaki (5, 10, 20, 50, 100 cm) toprak sıcaklık değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiştir.

Çizelge 1. Meteoroloji istasyonlarının kodları, konumları ve yükseklik değerleri

Table 1. Codes, locations and height values of meteorological stations

İl Adı	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
Samsun	17030	41° 34' K	36° 25' D	4
Tokat	17086	40° 33' K	36° 55' D	611
Amasya	17085	40° 66' K	35° 83' D	409
Çorum	17084	40° 54' K	34° 93' D	776
Ordu	17033	40° 98' K	37° 88' D	5

Çalışmada 1969-2013 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonlarının kod, enlem, boylam ve yükseklik değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Box Jenkins modeli

Box Jenkins yöntemi tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmin ve kontrolünde kullanılan istatistiksel öngörü yöntemlerinden biridir. Zamana bağlı olayların rassal karakterde olaylar, bu olaylarla ilgili zaman serilerinin ise stokastik süreç olduğu varsayımına dayanarak geliştirilmiş olan bu yöntemin uygulandığı zaman serisinin eşit aralıklı gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olduğu varsayılmaktadır. Ancak gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı olarak bir değişim olmaktadır. Durağan olmayan zaman serilerinde görülen bu değişim, genellikle trend, düzenli, düzensiz dalgalanmalar ve tesadüfi dalgalanmaların etkisiyle gerçekleşir. Durağan olmayan zaman serilerinin Box-Jenkins yöntemiyle öngörüsü için seri bazı dönüşüm yöntemleriyle durağan hale getirilmelidir.

Box-Jenkins Yöntemi ile öngörü dört aşamada gerçekleşmektedir.

1. Model Belirleme: Zaman serisine uygun Box Jenkins modeli bu aşamada belirlenir.

2. Parametre Tahmini: Model belirleme aşamasında belirlenen modele ilişkin parametrelerin tahmin edildiği aşamadır.

3. Uygunluğun Testi: Modelin veri setine uygunluğunun istatistiksel yöntemlerle test edildiği bu aşamada model uygun bulunursa son aşamaya geçilir, uygun bulunmazsa başka bir modelin belirlenmesi için ilk aşamaya dönülür.

4. Tahmin: Seçilen en uygun model tahmin için kullanılır.

Box-Jenkins Yöntemi ile tahmin edilen zaman serisi modelleri; Otoregresif (AR) Modeli, Hareketli Ortalama (MA) Modeli, Otoregresif-Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) Modelidir.

ARIMA modelleri, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellerdir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere "durağan olmayan doğrusal stokastik modeller" denir. Bu modeller d dereceden fark alınmış serilere uygulanan, değişkenin t-dönemindeki değerinin belirli sayıdaki geri dönem değerleri ile aynı dönemdeki hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği AR ve değişkenin t-dönemindeki değerinin aynı dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edildiği MA modellerinin birer birleşimidir. Modellerin genel gösterimi ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada p ve q sırasıyla Otoregresif (AR) Modelin ve Hareketli Ortalama (MA) Modelinin derecesi, d ise fark alma derecesidir.

Genel ARIMA(p,d,q) modeli aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_p Z_{t-p} + \delta + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (1)$$

Burada $Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-p}$ d dereceden fark alınmış gözlem değerlerini, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ d dereceden fark alınmış gözlem değerleri için katsayıları, δ sabit değeri, $\alpha_t, \alpha_{t-1}, \dots, \alpha_{t-q}$ hata terimlerini ve $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimleri ile ilgili katsayıları göstermektedir (Kaynar ve Taştan, 2009).

Box Jenkins modeline yönelik modelleme tekniği

Olasılığa dayalı modellemede temel olarak dört ardışık fakat tekrarlı aşama vardır. Aynı şekilde

mevsimsel ARIMA modelleme yaklaşımında bu dört aşama şunları kapsamaktadır: (i) $(p, d, q) \times (P, D, Q)_S$ şeklinde mevsimsel ARIMA yapısının belirlenmesi, (ii) model parametrelerinin tahmin edilmesi, (iii) model kalıntılarının tanısız kontrolü ve (iv) bilinen verilere dayalı olarak tahmin edilen değerlerin üretimi (Box vd., 1970; Brockwell vd., 2002). Ne var ki birden üçe kadar olan aşamalar temel olarak model kalibrasyon işlevleridir ve son aşama da oturmuş modelin yeterliliğinin kontrol edilmesine yöneliktir. İlk olarak gözlemlenen zaman serileri, gözlemlenen verilerin uygun şekilde farklılaştırılması yönteminin uygulanmasıyla sabit hale getirilmelidir. Bu sabit zaman serilerinden, sıklıkla ilgisiz verilerin dâhil edilmemesi şekilde bahsedilir. Belirleme aşamasında dönemsel, otokolerasyon işlevi (ACF) ve kısmi otokolerasyon işlevleri (PACF) gibi grafiksel yöntemler, mevsimselliği ve ön belirleme sırasını tespit etmek için yararlıdır. Mevsimsel ARIMA modelleme yaklaşımının belirleme aşaması, gözlemlenen verilerin geçici olarak ilgisiz zaman serilerindeki model şeklini belirlemek amacıyla bu işlevleri kullanır. Mevsimsel ARIMA model yapısının belirlenmesinden sonra model parametreleri, maksimum olasılık yöntemi ile tahmin edilir (Box vd., 1970).

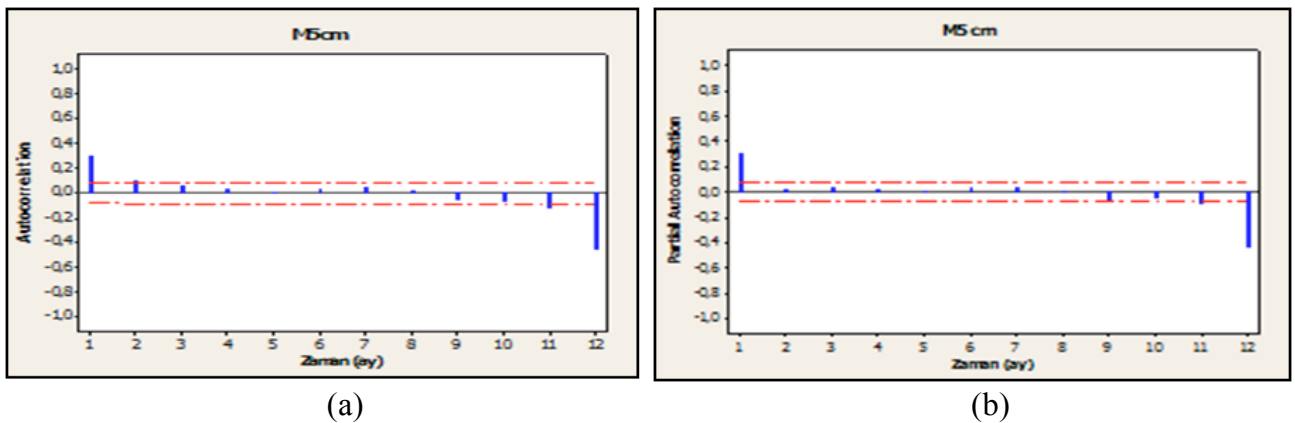
Daha sonra geliştirilen tüm modeller, hata parametreleri açısından karşılaştırılır. Sonrasında uygun model seçilir ve çalışma alanı içerisindeki her bir katman için toprak sıcaklığı değerleri tahmin işlemi gerçekleştirilir. Çalışmada MINITABV16 istatistik yazılım paketi kullanılarak Box Jenkins ARIMA modelinin analizi yapılmıştır.

Box Jenkins tekniğinin uygulanması

Box Jenkins tekniğinde uygun modelin belirlenmesinde ilk aşama olan geçici modelin saptanması için ACF grafiği ile PACF grafiği her ilin farklı katmanları için ayrı çizilmiştir.

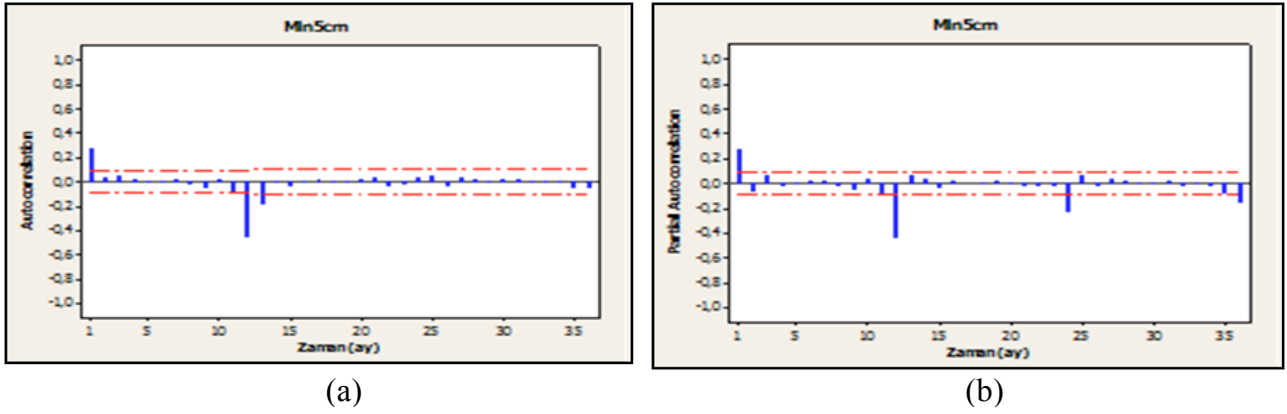
Samsun ili için 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF grafiğine bakıldığında serinin durağanlaştığı görüldüğünden seriye daha fazla fark işlemi uygulanmamıştır (Şekil1a). ACF grafiğindeki ilişki miktarları gecikme sayısı arttıkça yavaş azalmakta olup, PACF grafiğinde bu azalma hızlı bir şekilde olduğu için model olarak Otoregresyon Modeli olduğu saptanmaktadır. Ayrıca PACF grafiğinde birinci gecikmede kesin bir çıkış gözlenmektedir, bu durum da tipik bir Otoregresif süreç göstergesidir (Şekil1b). Dolayısıyla Şekil1'e göre seriye uygun model ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ olmaktadır. Samsun ilinin diğer toprak sıcaklığı katmanları (10, 20, 50 ve 100 cm) için BJ tekniği uygulanmış ve bu katmanlar içinde Otoregresyon Modeli ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ en iyi model olduğu tespit edilmiştir.

Tokat, Çorum, Amasya ve Ordu illerine ait ACF ve PACF grafikleri incelendiğinde sırasıyla zaman serisi için en iyi modeller Mevsimsel Hareketli Ortalama modeli ARIMA(0,1,1) (0,1,1)₁₂, Mevsimsel Hareketli Ortalama modeli ARIMA(0,1,1) (0,2,1)₁₂, Mevsimsel Otoregasyon modeli ARIMA(1,1,0) (1,2,0)₁₂ ve Mevsimsel Otoregasyon modeli ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂ olduğu tespit edilmiştir (Şekil2-3-4-5). Ayrıca illere ait diğer toprak katmanları için yapılan BJ analizinde de aynı modeller en iyi sonucu vermiştir.



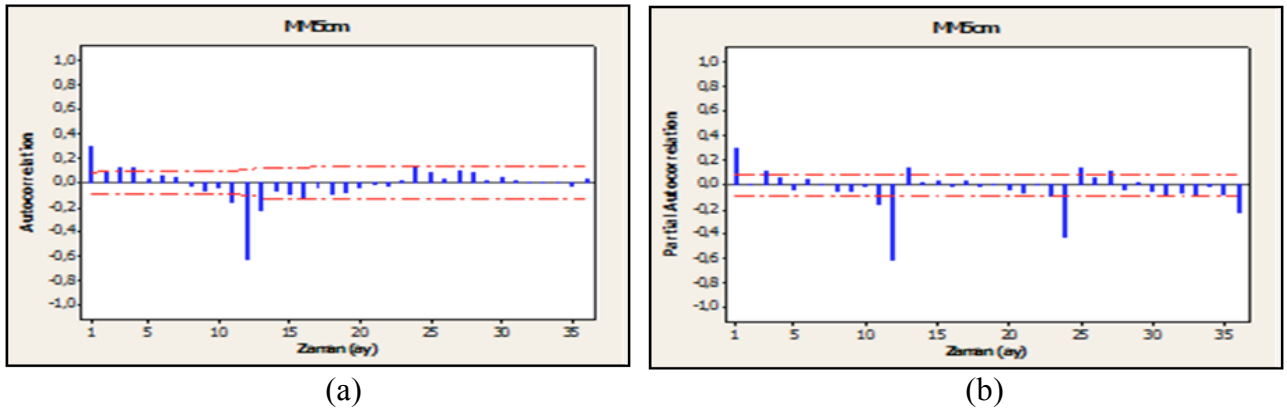
Şekil 1. Samsun ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 1. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values at 5 cm in Samsun province



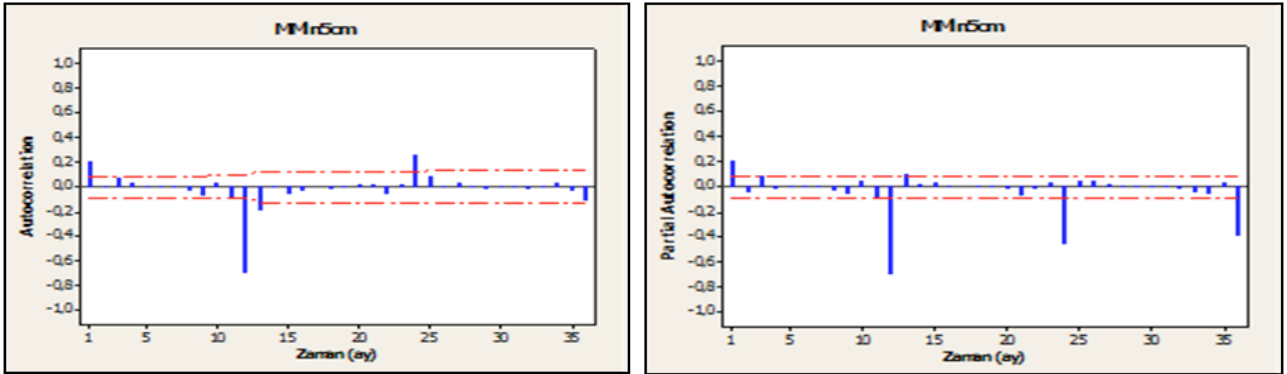
Şekil 2. Tokat ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 2. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values of 5 cm in Tokat province



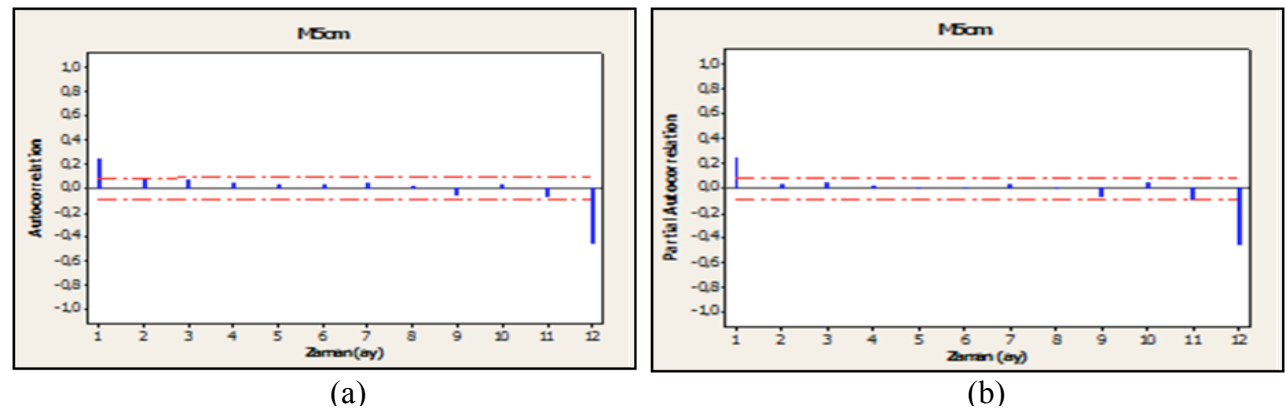
Şekil 3. Çorum ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 3. ACF (a) and PACF (b) graph of soil temperature values of 5 cm in Çorum province



Şekil 4. Amasya ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 4. ACF (a) and PACF (b) of soil temperature values of 5 cm in Amasya province



Şekil 5. Ordu ili 5 cm'deki toprak sıcaklık değerlerinin ACF (a) ve PACF (b) grafiği

Figure 5. ACF (a) and PACF (b) of soil temperature values of 5 cm in Ordu province

Model parametrelerinin tahmini

Her modelin parametresi, MINITABv16 istatistik yazılımının ARIMA modülü ile tahmin edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur. Katsayılar anlamlı bir şekilde sıfırdan

Model parametrelerinin tahmini

Her modelin parametresi, MINITABv16 istatistik yazılımının ARIMA modülü ile tahmin edilmiştir ve sonuçlar Çizelge 2’de sunulmuştur. Katsayılar anlamlı bir şekilde sıfırdan büyüktür ($|t\text{-değeri}| > 2.0$) ve sabitlik koşullarını karşılamaktadır. Tüm katsayılar için mutlak değerler de 1.0’dan anlamlı şekilde farklıdır.

Çizelge 2. illerin mevsimsel ARIMA modelinin tahmini parametreleri değerleri

Table 2. Estimated parameters of seasonal ARIMA model of provinces

Samsun ARIMA (1,1,0) (1,1,0) ₁₂			
Model Parametreleri	Parametre Değeri	Standart Hata Katsayısı	t-değeri
AR	-0.344	0.037	-9.2
SAR	-0.465	0.035	-13.1
Sabit	-0.001	0.079	-0.02
Tokat ARIMA (0,1,1) (0,1,1) ₁₂			
AR	0.872	0.022	38.56
SAR	0.954	0.038	24.79
Sabit	0	0	0.13
Çorum ARIMA (0,1,1) (0,2,1) ₁₂			
AR	0.73	0.031	23.32
SAR	0.953	0.036	26.09
Sabit	-0.001	0.008	-0.15
Amasya ARIMA (1,1,0) (1,2,0) ₁₂			
AR	-0.397	0.041	-9.56
SAR	-0.847	0.024	-34.39
Sabit	-0.002	0.082	-0.03
Ordu ARIMA (1,1,0) (1,1,0) ₁₂			
AR	-0.406	0.04	-10.05
SAR	-0.66	0.034	-19.48
Sabit	0.006	0.124	0.05

BULGULAR VE TARTIŞMA

Box Jenkins tekniği bulguları

Oluşturulan modeller içerisinde R^2 , RMSE ve MAE kriterleri kullanılarak yapılan karşılaştırma sonucunda veri setine en uygun olan model; Samsun ilinin her bir katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon modeli (ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂), Tokat ilinin her katmanı için Mevsimsel Hareketli

Ortalama (ARIMA(0,1,1) (0,1,1)₁₂), Çorum ilinin her katmanı için Mevsimsel Hareketli Ortalama (ARIMA(0,1,1) (0,2,1)₁₂), Amasya ilinin her katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon (ARIMA(1,1,0) (1,2,0)₁₂), Ordu ilinin her katmanı için Mevsimsel Otoregrasyon (ARIMA(1,1,0) (1,1,0)₁₂), modeli belirlenmiş ve zaman serisinin tahmini için kullanılmıştır. Çizelge 3’de seçilen en iyi modeller ve karşılaştırılması yapılan gerçek ve tahmini değerlerin RMSE, MAE ve R^2 değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3. Seçilen en iyi modellerin test ve validasyon değerleri için RMSE, MAE ve R^2 değerleri

Table 3. RMSE, MAE and R^2 values for test and validation values of selected best models

Derinlik (cm)	Samsun						
	RMSE		MAE		R^2		
	Test	Validasyon	Test	Validasyon	Test	Validasyon	
5	2.11	2.68	1.76	2.14	0.96	0.94	
10	4.89	2.33	4.12	1.90	0.87	0.95	
20	3.97	1.53	3.33	1.24	0.90	0.96	
50	3.98	1.75	3.40	1.42	0.89	0.96	
100	1.50	4.92	1.21	4.28	0.95	0.77	
Derinlik (cm)	Tokat						
	5	1.75	2.33	1.39	1.81	0.97	0.95
	10	1.68	3.95	1.35	3.12	0.97	0.93
	20	2.36	3.78	1.95	2.99	0.95	0.93
	50	1.42	2.67	1.13	2.11	0.97	0.95
	100	0.95	4.68	0.75	3.91	0.97	0.83
Derinlik (cm)	Çorum						
	5	4.06	3.00	3.25	2.16	0.90	0.90
	10	5.88	2.46	4.56	1.89	0.80	0.92
	20	3.53	3.13	1.83	0.03	0.87	0.89
	50	2.77	2.16	2.20	1.54	0.91	0.91
	100	3.79	1.79	2.89	1.39	0.81	0.90
Derinlik (cm)	Amasya						
	5	3.67	3.50	2.70	2.73	0.88	0.90
	10	5.82	4.93	4.01	3.84	0.71	0.83
	20	3.70	4.40	2.81	3.19	0.85	0.84
	50	3.31	3.87	2.49	2.88	0.82	0.82
	100	4.33	4.31	3.16	3.19	0.76	0.77
Derinlik (cm)	Ordu						
	5	1.64	3.49	1.26	2.84	0.96	0.92
	10	1.70	4.13	1.34	3.39	0.96	0.90
	20	1.75	4.82	1.44	3.78	0.96	0.78
	50	1.40	4.14	1.16	3.46	0.96	0.85
	100	2.40	4.05	2.05	2.81	0.91	0.59

SONUÇLAR

Bu çalışma, Orta Karadeniz Bölgesine ait 5, 10, 20, 50 ve 100 cm'deki aylık ortalama toprak sıcaklıklarını tahmin etmek için ARIMA yöntemi kullanılmıştır. ARIMA modeli ile tahmin edilen toprak sıcaklığı değerleri, 2014 ve 2015 yıllarına ait ölçülen aylık ortalama toprak sıcaklığı değerleri ile karşılaştırıldığında; Samsun ilinin 5 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı tahmininde ARIMA ile geliştirilen modelde R^2 değeri 0.97, Tokat ili için R^2 değeri 0.93, Çorum ili için R^2 değeri 0.94 ve Amasya ili için R^2 değeri 0.92 ve Ordu ili için R^2 değeri 0.95 olup Şekil 5'de sapma grafikleri verilmiştir.

Bölgenin tarımsal üretimini geliştirmek ve meteorolojik verilerini ortaya çıkarmak için toprak sıcaklıklarının belirlenmesi oldukça önemli bir çalışmadır. Farklı noktalarda inşa edilecek yapıların ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplamalarında, toprak teması yapı elemanlarının izolasyon kalınlıklarının tespitinde de toprak sıcaklıklarının belirlenmesi gereklidir. Ayrıca bölgede toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında, proje hesaplamalarında da toprak sıcaklığı değerlerinin önemi büyüktür. Bölgenin değişik topografik yapısı içerisinde her noktada sıcaklık ölçme imkanı da bulunmamaktadır. Geliştirilen bu model ile ölçüm yapılmayan bir hedef noktanın farklı derinliklerdeki ortalama toprak sıcaklığı, sadece topografik bilgiler kullanarak hızlı ve az hata ile tahmin edilebilir. Bu yöntem, Türkiye'nin diğer bölgelerindeki meteoroloji istasyonları için de tahmin modeli oluşturularak uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Bilgili M (2011). The use of artificial neural networks for forecasting the monthly mean soil temperatures in Adana, Turkey, Turk J Agric For 35 (2011) 83-93, Tübitak.

Box GEP, Jenkins GM (1970). Time Series analysis, forecasting, and control. Oakland, CA: Holden-Day.

Brockwell P J, Davis R A (2002). An introduction to time series and forecasting, Springer, DOI: 10.1007/978-1-4757-2526-1.

Ekberli İ, Gülser Ç, Özdemir N (2005). Toprakların termofiziksel özellikleri ve ısısal yayılım katsayısının değerlendirilmesi, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20 (2):85-91.

Gerayzade AP (1989). Toprak Bitki Atmosfer Sisteminde Enerji Döngüsü, Baku, Elm, s.158.

Karaman MŞ, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Zengin M (2007). Sürdürülebilir toprak verimliliği, Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No:1.

Kaynar O, Taştan S (2009). Zaman serisi analizinde mlp yapay sinir ağları ve arima modelinin karşılaştırılması, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:33, Temmuz-Aralık, ss. 161-172.

Mondal MS, Wasimi SA (2006). Generating and forecasting monthly flows of the Ganges River With PAR Model, Journal of Hydrology, 323(1-4), 41-56.

Özkan Al (1985). Toprak fiziği, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:946, Ders Kitabı: 270.

Öztekin T, Öztekin S, Oğuz İ (2008). Koşullarında saatlik toprak sıcaklıklarının periyodik sinüs dalga eşitliği ile tahmini, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 55-60.

Schachtschabel P, Blume H P, Brümmer G, Hartge K H, Schwertmann U (1995). Toprak bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:16.

Slutsky E (1927). The Summation of random causes as the source of cyclic processes, problems of economic conditions, 3, 1; English trans, In Econometrica, 5, 105.

Wold HO (1954). A study in the analysis of stationary time series, Almqvist and Wicksell, Uppsala.

Yaman K, Sarucan A, Atak M, Aktürk N (2001). Görüntü işleme yöntemiyle hızlı raylı ulaşım sisteminde yolcu yoğunluğunun Box-Jenkins yaklaşımı ile modellenmesi, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 22. Ulusal Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 78, 4-6 Temmuz.

Yule GU (1927). On a method of investigating periodicities in disturbed series with special reference to Wölfer's Sunspot Numbers, Phil. Trans., A226, 267.

Zeytin Fidan Gelişimine Mikrohavza Su Hasadı Tekniği İle Toprak Su Tutma Kapasitesini Artırıcı Bazı Uygulamaların Etkisi

Süleyman ŞEN^{1,*}  Gülay YILMAZ¹  Tuncay TOPDEMİR¹  Ümit ALKAN¹ 

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Menemen / İzmir / Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): suleyman.sen@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655561

Öz

Bu çalışma, yarı dairesel mikrohavza su hasadı tekniği ile toprağın su tutma kapasitesini iyileştirici bazı uygulamaların zeytin fidan gelişimine etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme deseninde kurulmuş olup fidanların dikimi 2014 yılı Kasım ayında, yarı dairesel (kaş) tipi mikrohavza su hasadı seddeleri ise 2015 yılı Mayıs ayında yapılmıştır. Deneme konuları; A Kontrol konusu: Dar çukura yöresel dikim, B konusu: Taşlardan ayıklanmış toprağa dikim (1x1x1 m'lik fidan çukuruna), C konusu: B konusu toprağına 50 kg O.G. (organik materyal) eklenmiş fidan çukuruna dikim. D konusu: C konusu toprağına 250 gr polimer (su tutucu) ilave edilmesi, E konusu: C konusu toprağına 500 gr polimer ilave edilmesi ile oluşturulmuştur. Konu toprakların nem içerikleri 25 cm ve 75 cm derinliğe yerleştirilen nem sensörleriyle saatlik olarak toprak nemleri ölçülmüş ayrıca yağış, hava sıcaklığı, nispi nem ve rüzgâr hızı deneme alanına kurulan meteoroloji istasyonu ile ölçülmekte ve internet ortamında izlenmektedir.

Denemenin 1. yılı sonu 2015 yılı Ekim ayında ölçülen fidan gövde çapları kesit alanı istatistik analize tabi tutulmuş ve konular arası fark %95 güvenle önemli bulunmuştur. Buna göre konuların ortalama fidan gövde çap kesit alanları sırasıyla, D: 133.09 mm², E: 105.48 mm², C: 98.98 mm², B: 94.27 mm² ve A konusu 77.95 mm² olmuştur. 2016 yılı sonunda da fidanların gövde kesit alanları arasındaki fark istatistiki olarak %95 güvenle önemli olurken, D konusu 459.98 mm² ile yine ilk sırada yer almış bunu sırasıyla B: 445.14 mm², E: 432.94 mm², C: 404.35 mm² ve A konusu 206.67 mm² takip etmiştir. Projenin iki yılı sonunda zeytin fidanların gövde kesit alanı artışı istatistiksel olarak önemli çıkmış olup D konusu ilk sırada yer almıştır. Yörede yeni dikilen zeytin fidanların sulama olmadan yetişmediği dikkate alındığında mikrohavza su hasadı tekniğinin ve toprağın su tutma kapasitesini iyileştirici etmenlerin fidan gelişimine olumlu etkileri olmuştur.

Anahtar kelimeler : Mikrohavza su hasadı, organik materyal, polimer, toprak nemi, zeytin

Effect of Micro Catchment Water Harvesting Technique and Some Applications that Improve the Soil Water Holding Capacity on Growth of Olive Sapling

Abstract

The aim of this study is to examine the effects of semi-circular water harvesting techniques and some applications that improve soil water holding capacity to growing of olive trees. Experiment has been established in randomized block design, and micro catchment water harvesting bunds which are semi-circular type were constructed in May 2015. Experiment subjects; A: the control subjects, local planting,

B: planting in soil cleared it of stones (in 1x1x1 m sapling pit), C: adding 50 kg of soil organic material (OM) to soil cleared it of stones, D: adding 250 g polymer (water retainer) to soil containing 50 kg soil organic material and cleared it of stones, E: adding 500 g polymer to soil containing 50 kg soil organic material and cleared it of stones. The moisture content of experimental soils has been measured on an hourly basis with moisture sensors placed 25 cm and 75 cm in depth, as well as precipitation, air temperature, relative humidity and wind speed has been recorded by meteorological station and monitored by an internet application. Trunk diameter of sapling was measured in October 2015 is that at the end of first year of the experiment, and according to experimental subjects, annual differences in sapling trunk diameter cross sectional area was subjected to statistical analysis. The differences between saplings was a 95% probability. Accordingly, the most increase was in D subject with 133.09 mm², it was followed by E: 105.48mm²; C: 98.98mm²; B: 94.27 mm² and A: 77.95 mm² respectively. While the change in saplings trunk cross-sectional area at the end of second year of the experiment was statistically reliable at 95% probability, D subject was ranked at first group with 459.98 mm². It was followed by B subject with 445.14.mm², E: 432.94 mm², C: 404.35 mm² and A subject with 206.67 mm² respectively.

Keywords: Micro-catchment water harvesting, soilmoisture, organicmaterial, polymer, olive

GİRİŞ

Küresel ısınmayla birlikte iklimin değişmesi ve artan nüfus, su kaynakları üzerine olan talebi ve baskıyı gün geçtikçe artırmaktadır. Bu nedenle Türkiye’de su kaynaklarının etkili kullanımı son derece önemlidir. Türkiye’de yıllık yağış ortalaması 643 mm olup, bu miktar yaklaşık 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu suyun büyük bir kısmı buharlaşma, evapotranspirasyon ve nehir akımları ile uzaklaşırken komşu ülkelerden de yılda ortalama 7 milyar m³ su gelmektedir. Bu durumda toplam yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır (DSİ, 2013).

Ülkemizde yağış dağılımı 250 – 2500 mm arasında değişmekte olup yağış rejimi bölgelere göre düzensizlikler göstermektedir. Ülkemizin pekçok alanında yağışa dayalı tarım yapılmakta ve yağış rejimindeki değişiklikler bazen ürün verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle yağışa dayalı tarım yapılan yerlerde yağış düzensizliklerini bertaraf etmek için su hasadı oldukça önemlidir. Yağışın büyük bir su toplama alanından, küçük bir hedef alanda kullanılmak üzere yüzey akış olarak toplanması süreci olarak tanımlanan su hasadı (Oweis vd., 1999), suyun farklı kaynaklardan farklı amaçlarla kullanımı için toplanması ve korunması metotları (Boers ve Ben-Asher., 1980) olarak da ifade edilebilmektedir. Su hasadı uygulamaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde yağmur suyu yönetiminin geliştirilmesinde önemli bir yol olup bitki örtüsünü geliştirmek ve erozyonu azaltmak için de etkili bir yöntemdir.

Günümüzde iklim değişikliğinin etkisiyle, şiddeti ve miktarı değişen yağışlardan yararlanmak son

derece önemli bir konu haline gelmiştir. Temel ilkesi arazinin bir bölümüne düşen genellikle küçük ve verimsiz yağmur suyu payını bir başka bölümün payına eklemek (Oweis vd., 2001) olan su hasadı, kurak alanlarda geçmişten günümüze su sağlamada oldukça yaygın şekilde kullanılan bir yöntem olmuştur. Su hasadı uygulamaları yeni bir teknoloji değil, geçmişten kalan bir mirastır. Her ne kadar su hasadı teknikleri kurak ya da yarı kurak bölgeler için uygun görünse de yıllık yağış toplamı yüksek ancak düzensiz olan bölgelerde de su toplama ve toprak muhafaza amacıyla uygulanmaktadır. Su hasadı tekniklerinin temel amacı bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu sağlamak ve bu sayede verimi arttırmaktır. Su hasadı tekniklerinin uygulanması ile tarım sektöründe yüzey akış suyu dağılım etkinliği artırılır ve toprak kalitesinin sürdürülebilirliği sağlanır (Al-Seekh ve Mohammad, 2009). Ek olarak bazı su hasadı yöntemleri ile daha önce hiçbir ürün yetiştirilmeyen alanlarda tarımsal üretimi mümkün hale getirmektedir (Anschütz vd., 2003)

Bu çalışmanın amacı, yarı dairesel (kaş tipi) mikro havza su hasadı tekniğinin ve toprak su tutma kapasitesini iyileştirici bazı uygulamaların toprak nem hacmi ile yeni dikilmiş zeytin fidanlarında büyüme parametrelerine olan etkilerini araştırmaktır. Bu amaçla oluşturulan deneme konularının toprak nem hacmi, toprak karakteristikleri ile bitki gelişim parametreleri üzerindeki etkileri, yapılacak olan teknik ve fenolojik gözlemler ile belirlenecek olup ilk iki yıla ait elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Türkiye'nin güneyinde yer alan Köyceğiz ilçesinin 5 km kuzeyinde, Yeşilköy sınırları içerisinde yer alan Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne ait Deneme ve Demonstrasyon İstasyonu (D.D.İ.)'nda yürütülmektedir. Köyceğiz ilçesinin uzun yıllara ait bazı iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Köyceğizin uzun yıllar ortalama sıcaklığı 18.3 °C, ortalama yağış ise 1083.70 mm'dir.

Deneme alanına, bazı iklim parametrelerini ölçmek amacıyla meteoroloji istasyonu kurulmuş olup, deneme süresince eldilen veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde 2016 yılında ortalama yağış 871.6 mm ile uzun yıllar ortalamasının altında kalmış, ortalama sıcaklık ise 19.9 °C ile uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir. Bitkilerin en fazla suya ihtiyaç duyduğu haziran, temmuz,

Çizelge 1. Köyceğiz ilçesi uzun yıllar iklim verileri (1985-2011) (MGM 2011)

Table 1. Köyceğiz climate data for many years (1985-2011)

AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort.
Ort. yağış (mm)	182.5	160.0	112.6	60.9	35.2	12.7	6.9	5.3	28.8	88.4	163.3	227.3	1083.7
Ort. sıcaklık (°C)	9.3	9.8	12.3	16.0	21.0	26.4	29.0	28.4	24.6	19.2	13.7	10.4	18.3

Çizelge 2. Deneme alanına ait bazı meteorolojik veriler (2015-2016)

Table 2. Some meteorological data of the trial area (2015-2016)

Aylar	Yağış [mm]	Rüzgâr hızı [km/s]		Hava sıcaklığı [°C]			Nispi nem [%]			Çiğ noktası [°C]		
		Ort.	Mak	Ort.	Min.	Mak.	Ort.	Min	Mak.	Ort.	Min.	
2015 su yılı												
Temmuz	0.4	3.1	16.2	29.3	19.4	40.7	48.9	12.2	90.7	16.4	4.9	
Ağustos	0.0	2.9	18.7	30.1	21.4	41.3	49.0	9.8	84.6	17.1	0.6	
Eylül	69.4	2.6	21.6	26.7	17.1	42.3	58.0	12.3	96.9	16.4	7.2	
2016 su yılı												
Ekim	343.0	0.5	5.2	21.4	10.8	31.9	63.3	22.8	99.3	13.3	2.4	
Kasım	192.8	0.7	6.3	16.9	7.4	26.9	60.1	10.2	98.6	8.1	-8.7	
Aralık	0.0	0.7	4.9	11.4	-0.8	24.1	59.1	11.2	93.8	2.7	-18.1	
Ocak	86.8	1.1	8.4	9.1	-3.4	22.3	67.0	12.0	100.0	2.3	-19.9	
Şubat	83.8	0.9	6.1	14.0	1.6	28.4	68.3	20.1	99.4	7.5	-7.0	
Mart	117.8	1.1	10.9	13.8	4.1	27.0	66.0	21.1	100.0	6.6	-3.0	
Nisan	11.0	1.0	5.2	19.2	8.3	32.7	56.7	8.4	97.8	9.0	-5.9	
Mayıs	2.0	1.1	6.0	20.5	10.4	33.2	59.7	18.3	97.6	11.3	0.5	
Haziran	1.0	1.2	5.7	27.5	15.9	43.1	46.7	8.5	97.8	13.6	1.0	
Temmuz	0.0	1.1	6.1	30.2	21.2	41.1	46.1	11.6	82.8	16.1	3.9	
Ağustos	0.0	1.1	4.5	29.7	21.6	39.8	51.9	12.3	84.8	17.8	3.9	
Eylül	33.4	1.1	4.9	25.5	14.2	39.4	48.9	6.9	96.4	12.7	-5.7	
Top- Ort. Mak. Min	871.6	1.0	10.9	19.9	-3.4	43.1	57.8	6.9	100.0	10.1	-19.9	

Çizelge 3. Memecik zeytin çeşidinin bazı özellikleri

Table 3. Characteristics of olive cultivar

Orjini	Muğla
Coğrafi Dağılımı	İzmir, Aydın, Manisa, Denizli, Muğla, Antalya, Sinop, Kahramanmaraş, Kastamonu'ya kadar uzanan coğrafya.
Ağaç	Kuvvetli, toplu yuvarlak taç.
Yaprak	Orta uzun, geniş eliptik, tüysüz, 53.7x10.84 mm
Çiçek	Ort. 29.9 mm somakta ort. 11 çiçek bulunur, 16 Mayıs-6 Haziran dönemi çiçeklenme.
Meyve	Ağırlık 478 gr, hacmi 465.6 cm ³ (100 meyve) 1 kg da 209 adet, boyu 25.61 mm, eni 19.4 mm, et oranı % 88.28, Yağ oranı % 24.5-28.20 Mayıs-11 Haziran meyve bağlama, 15 Kasım-15 Aralık siyah olum.
Çekirdek	Küçük, oval, simetrik, ağırlık 56 gr, hacmi 52 cm ³ (100 çekirdek)
Değerlendirme	Yağlık ve sofralık
İklim	Soğuk ve kuraklığa dayanıklı

Çizelge 4. Deneme konularına ait topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 4. Some physical and chemical properties of soils

Konular	Su ile doymuşluk (%)	Total Tuz (%)	pH	Kireç (%CaCO ₃)	Yarayışlı Fosfor (kg/da)	Yarayışlı Potasyum (kg/da)	Organik Madde (%)
A. konu	57.2	E	7.45	0.4	2.7	26.9	2.2
B. konu	50.6	E	7.45	0.4	1.7	19.0	2.7
C. konu	48.4	E	6.64	0.4	2.3	20.5	4.2
D. konu	72.6	E	6.63	0.4	2.1	23.6	4.5
E. konu	66.0	E	6.67	0	2.2	23.6	4.2
Organik Materyal	92.4	E	7.34	0	3.7	37.6	8.5

Konular	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	Bozulmuş Tarla Kap. (% Pw)	Solma Noktası (% Pw)	Hacim Ağırlık (g/cm ³)
A. konu	58.4	15.6	26	SL	21.37	9.13	1.47
B. konu	56.4	17.6	26	SL	21.53	9.52	1.42
C. konu	58.4	17.6	24	SL	20.77	10.92	1.35
D. konu	50.4	19.6	30	L	31.35	15.73	1.35
E. konu	56.4	13.6	30	SL	29.65	15.59	1.35
Organik Materyal	46.4	17.6	36	L	32.67	17.18	0.84

E: Eser miktarda

ağustos aylarında toplam yağış 1.00 mm olmuştur. 2016 yılında ortalama sıcaklıklar Haziran'da 27.5 °C, Temmuz'da 30.2 °C ve Ağustos ayında 29.7 °C ile uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir.

Araştırmada Memecik çeşidi zeytin fidanları kullanılmıştır. Bu çeşit, nemli iklim koşullarına uygun, kuraklığa dayanıklı ve denemenin yürütüldüğü Köyceğiz iklim koşullarına iyi adapte olmuş bir çeşittir. Memecik çeşidinin bazı özellikleri, Çizelge 3'de görülmektedir (Anonim, 2013).

Deneme yeri arazisi % 5 eğimde, aşırı taşlı (% 30-50), hafif bünyeli kolüviyal topraklardır. Deneme konu topraklarından alınan örneklerde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler Çizelge 4'de verilmiştir.

Düşen her damla suyun toplanarak depolanması, yağışsız dönemlerde bitkilerin su ihtiyaçlarını karşılamada oldukça önem taşımaktadır. Mikrohavza su hasadının temel ilkelerinden biri hasat edilen suyun toprakta depolanmasıdır. Yağışın fazla olduğu araştırma bölgesinde, toprakların taşlı ve su tutma kapasitesinin düşük oluşu nedeniyle su toprakta yeterli düzeyde depo edilememektedir. Bundan dolayı toprakta suyun tutulmasını arttırmak için biri kontrol konusu olmak üzere 5 deneme konusu oluşturulmuştur. Deneme konuları;

A Kontrol konusu: Dar çukura yöresel dikim,

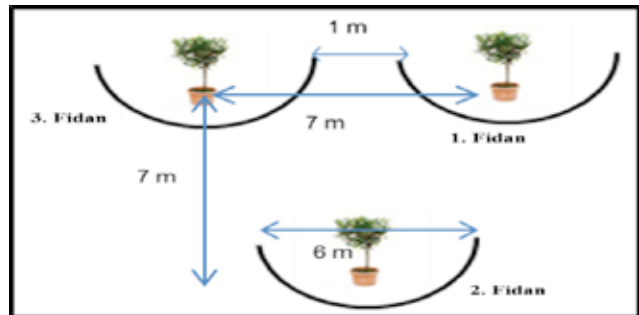
B konusu: Taşlardan ayıklanmış toprağa dikim (1x1x1 m'lik fidan çukuruna),

C konusu: B konusu toprağına 50 kg O.G. ilave edilmesi,

D konusu: C konusu toprağına 250 gr polimer (su tutucu) ilave edilmesi,

E konusu: C konusu toprağına 500 gr polimer ilave edilmesi.

Deneme Tesadüf blokları deneme deseninde 3 yinelemeli olacak şekilde kurulmuş olup her konuda üç fidan mevcuttur. Fidan dikimleri 7m x 7m üçgen dikim şeklinde yapılmış ve tüm konulara mikrohavza su hasadı yöntemlerinden olan yarı dairesel (kaş tipi) seddeler uygulanmıştır. Yarı dairesel seddeler 3 m yarıçapında, fidan gövdesine 1 m uzakta olacak şekilde yapılmıştır. Sedde genişliği 40-50 cm, yüksekliği ise 40-45 cm olacak şekilde mevcut taş ve topraklarla inşa edilmiştir. Fidan dikimleri ve kaş tipi seddelerin yapım tasarımı Şekil 2.1'de verilmiştir. Toprak nem ölçümleri denemenin ikinci tekerrürdeki 2.fidanda 25 cm ve 75 cm derinliğe yerleştirilen nem sensörleriyle veriler saatlik olarak alınmıştır. Son iki yıl içerisinde yapılan işlemler Çizelge 5'te verilmiştir.

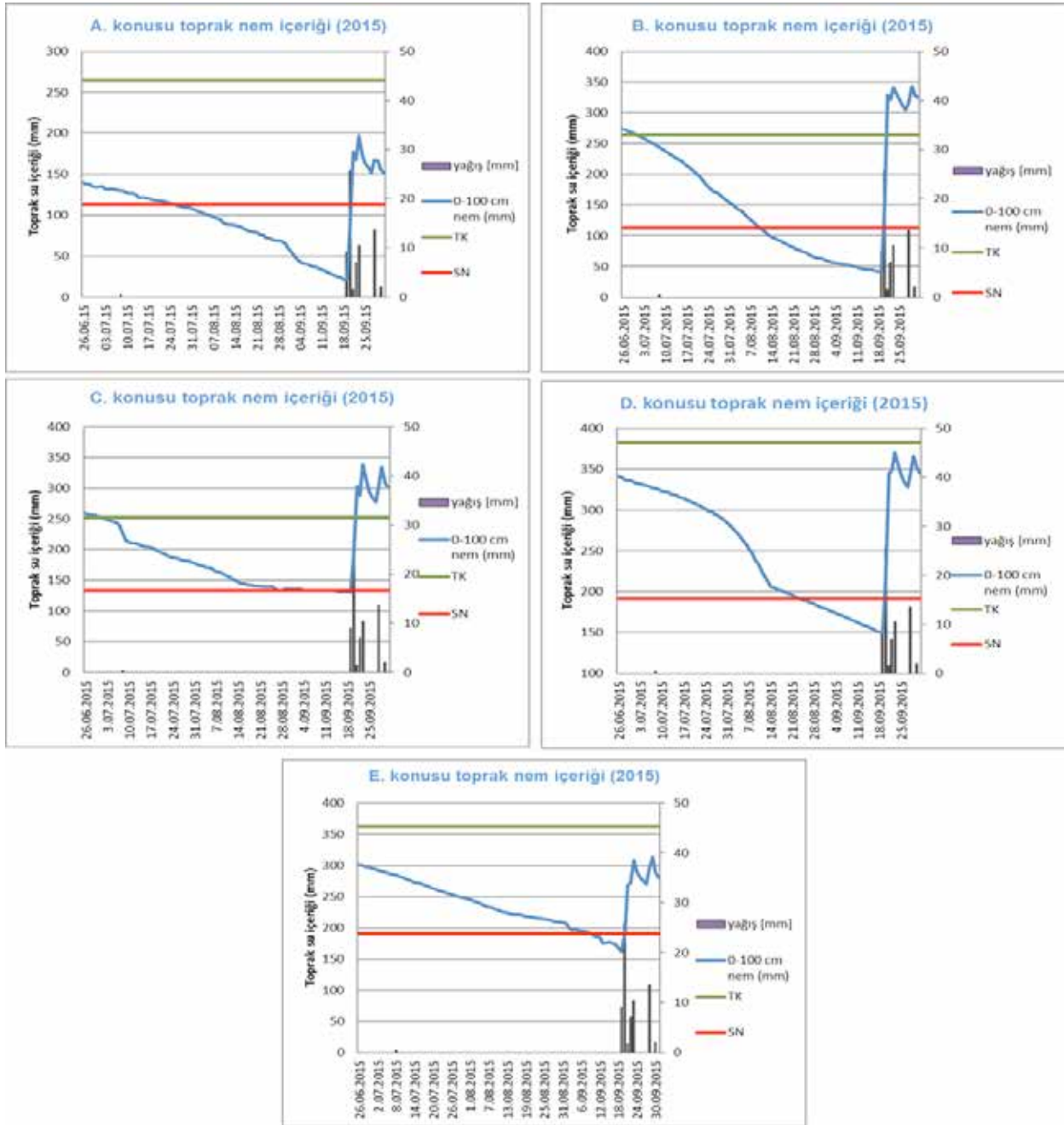


Şekil 1. Fidan dikim şeması

Figure 1. Planting scheme of sapling

Çizelge 5. Deneme süresince yapılan tarımsal işlemler
Table 5. Agricultural operations

Tarih	Denemede yapılan tarımsal işlemler
24.12.2014	Zeytin fidanlarının dikimi
05.05.2015	Kaş tipi seddelerin yapımı
23.06.2015	Meteoroloji istasyonunun kurulumu ve toprak nem sensörlerin yerleştirilmesi
16.10.2015	Fidan çap ve boylarının ölçümü
25.11.2015	Budama işlemi
10.05.2016	Yabancı otların temizlenmesi (el ve makine ile)
11.08.2016	Yabancı otların temizlenmesi (el ve makine ile)
18.10.2016	Yabancı otların temizlenmesi (el ve makine ile)
30.10.2016	Fidan çap ve boylarının ölçümü



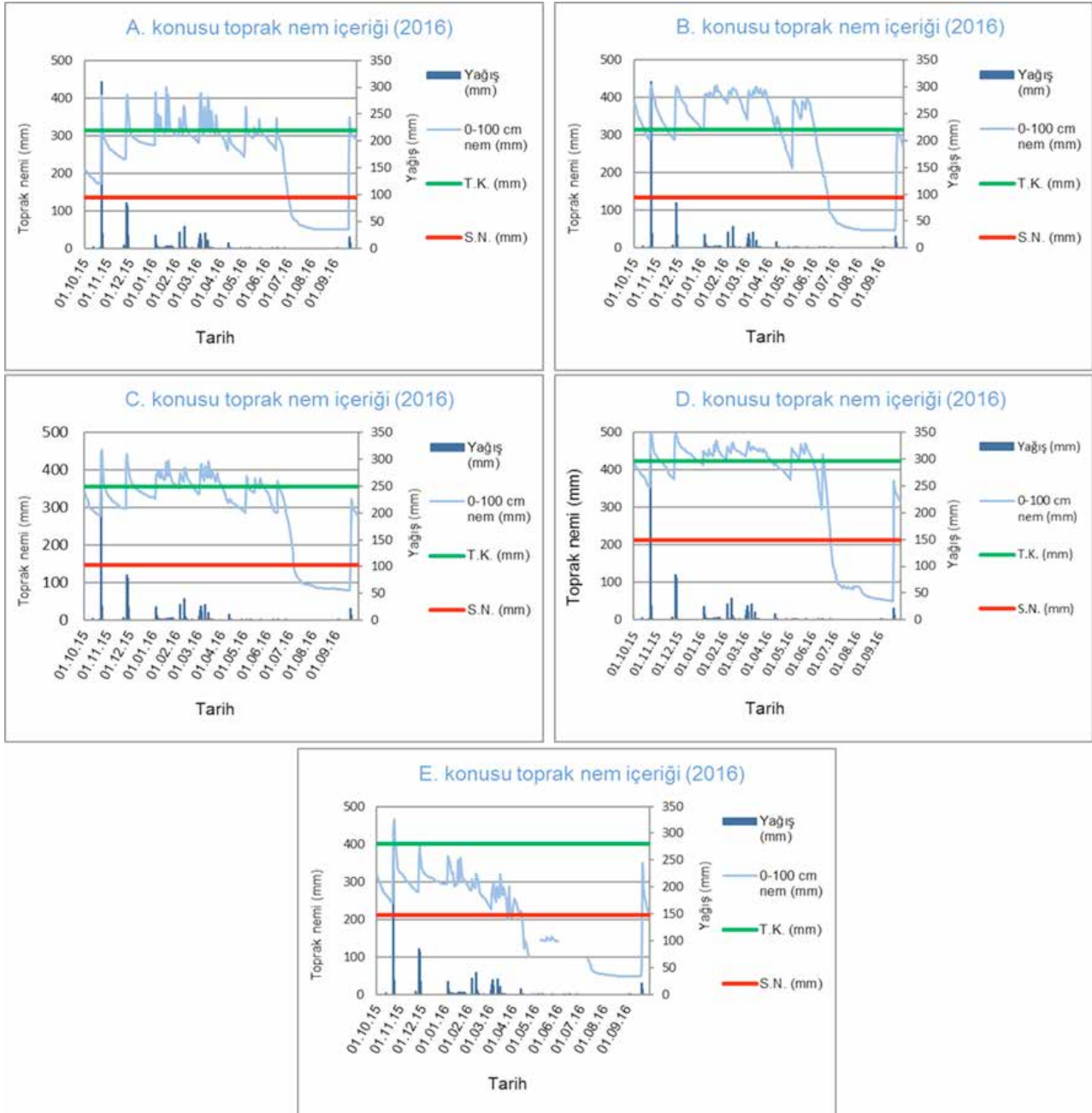
Sekil 2. 2015 yılı deneme konularının toprak nem içeriğinin zamansal değişimi
Figure 2. 2015 year soil moisture content

Denemede konularındaki fidanların hiçbirine dikim sonrası sulama ve gübreleme yapılmamış olup günümüze kadar doğal yağışlarla gelişimlerini sağlamışlardır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme konularına ait toprak nem içeriklerin takibinde kullanılan nem sensörleri kalibre edilmiş olup 0-100 cm derinliğindeki nem değerleri hesaplanmıştır. Deneme konularına ait toprak nem içeriklerin zamansal değişim değerleri 2015 yılı Şekil 2' de verilmiştir.

Toprak nem değerleri incelendiğinde 2015 yılında A kontrol konusu nem içeriği Temmuz ayın sonlarına doğru, B konusu toprak nem içeriği Ağustos ayın ortalarında, D konusu toprak nem içeriği Ağustos ayı sonlarına doğru ve E konu toprak nem içeriği ise Eylül ayın başlarında solma noktası altına düşmüştür. C konusunda ise zeytin fidanı Ağustos ayın sonlarında yapılan çalışmalar sırasında kırıldığı için toprak nem içeriği solma noktası altına düşmemiştir. Yörede yıl içindeki yağış dağılımı düzensiz olduğundan 20 Haziran ile 18 Eylül arasında yağış olmamıştır.



Şekil 3. 2016 yılı deneme konularının toprak nem içeriğinin zamansal değişimi
Figure 3. 2016 year soil moisture content

Denemede konularındaki fidanların hiçbirine dikim sonrası sulama ve gübreleme yapılmamış olup günümüze kadar doğal yağışlarla gelişimlerini sağlamışlardır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme konularına ait toprak nem içeriklerin takibinde kullanılan nem sensörleri kalibre edilmiş olup 0-100 cm derinliğindeki nem değerleri hesaplanmıştır. Deneme konularına ait toprak nem içeriklerin zamansal değişim değerleri 2015 yılı Şekil 2' de verilmiştir.

Toprak nem değerleri incelendiğinde 2015 yılında A kontrol konusu nem içeriği Temmuz ayın sonlarına doğru, B konusu toprak nem içeriği Ağustos ayın ortalarında, D konusu toprak nem içeriği Ağustos ayı sonlarına doğru ve E konu toprak nem içeriği ise Eylül ayın başlarında solma noktası altına düşmüştür. C konusunda ise zeytin fidanı Ağustos ayın sonlarında yapılan çalışmalar sırasında kırıldığı için toprak nem içeriği solma noktası altına düşmemiştir. Yörede yıl içindeki

yağış dağılımı düzensiz olduğundan 20 Haziran ile 18 Eylül arasında yağış olmamıştır.

2016 yılı toprak nem içeriğinin zamansal değişimi ise Şekil 3'de verilmiştir.

2016 yılında etkili olarak en3 son 11 Nisanda 10 mm yağış olmuş sonraki yağış ise 20 Eylülde 20 mm olmuştur.

Bu verilere göre toprak nem içerik değerleri incelendiğinde yaklaşık olarak tüm konular temmuz ayı başında solma noktası altına düşmüştür. 2015 ve 2016 yıllarındaki toplam yağış miktarları uzun yıllar ortalamasının (1083mm) altında gerçekleşmiştir.

Fidan çapların ölçümü, dikimde 2014 yılı Aralık ayında, 2015 ve 2016 yılları Ekim ayında yapılmıştır. Konulardaki fidanların ortalama çapları ve hesaplanan gövde kesit alanları ile Duncan grupları Çizelge 6'da verilmiştir. Varyans analiz sonuçları ise Çizelge 7'de verilmiştir.

Buna göre konulardaki fidanların gövde çapı ve gövde kesit alanlarındaki değişim istatistik

Çizelge 6. Konulara ait fidanların ortalama çap ve gövde kesit alanları

Table 6. Diameter and cross-sectional areas of sapling

Konu	2014 Ort. çap (mm)	2015 Ort. çap (mm)	2016 Ort. çap (mm)	2014 Kesit alanı (mm ²)	2015 Kesit alanı (mm ²)	2016 Kesit alanı (mm ²)
A	7.8	9.9 B	15.7 B	48.2	78.0 B	206.7 B
B	7.7	10.9 B	23.3 A	47.7	94.3 AB	445.1 AB
C	8.1	11.2 AB	22.3 AB	53.2	99.0 AB	404.3 AB
D	8.3	12.9 A	23.9 A	56.8	133.1 A	460.0 A
E	8.4	11.5 AB	23.3 A	56.7	105.5 AB	432.9 AB

Çizelge 7. 2015 ve 2016 yıllarında çap ve gövde kesit alanlarına ait varyans analiz tablosu

Table 7. 2015-2016 years variance analysis table

VK	SD	2015			2016		
		KO	F	Prob>F	KO	F	Prob>F
Fidan Gövde Çapları							
Tekerrür	2	1.232	2.38	0.154	45.098	8.069	0.012*
Konu	4	3.564	6.89	0.010*	34.502	6.173	0.014*
Hata	8	0.516			5.589		
Genel	14	1.490			19.494		
CV		6	11				
Fidan Gövde Kesit Alanı							
Tekerrür	2	520.041	2.712	0.126	54626.46	6.775	0.019*
Konu	4	1219.416	6.358	0.013*	32.697.19	4.055	0.044*
Hata	8	191.782			8062.851		
Genel	14	532.286			21753.178		
CV			13			23	

* 0.05 hata seviyesi

analiz sonucunda her iki yılda da %95 güven seviyesinde önemli çıkmıştır.

2015 yılı fidan gövde kesit alanları dikkate alınarak yapılan değerlendirmede D konusu 133.1 mm² ile ilk sırada yer alırken, bunu 105.5 mm² ile E konusu, 99.0 mm² ile C konusu, 94.3 mm² ile B konusu ve 78.0 mm² ile A konusu takip etmiştir. Duncan gruplandırmasına göre ise D konusu I. grupta yer almıştır. E, C ve B konuları II. Grupta yer alırken A konusu III. grupta yer almıştır.

2016 yılı fidan gövde kesit alanları dikkate alınarak yapılan değerlendirmede ise D konusu 460.0 mm² ile yine ilk sırada yer almıştır. Bunu sırasıyla 445.1 mm² ile B konusu, 432.9 mm² ile E konusu, 404.3 mm² ile C konusu ve 206.7 mm² ile A konusu takip etmiştir. Duncan gruplandırmasına göre ise D konusu I. grupta yer almıştır. B, E ve C konuları II. grupta yer alırken A konusu III. grupta yer almıştır.

SONUÇLAR

Proje yöresinde uzun yıllar yağış ortalaması 1083 mm olup Türkiye ortalamasının çok üzerindedir. Ancak bitkilerin suya en çok ihtiyaç duydukları dönem olan haziran, temmuz ve ağustos aylarında yağışlar yok denecek kadar azdır. Düzensiz olan bu yağışlardan daha fazla yararlanmak için, yarı dairesel (kaş tipi) mikrohavza su hasadı yöntemiyle birlikte toprak su tutma kapasitesini iyileştirici bazı uygulamaların zeytin fidan gelişimine etkisini belirlemek amacıyla bu çalışma yürütülmektedir. Projenin ilk iki yılı sonunda konulardaki zeytin fidanların gövde çapları ve gövde kesit alanlarındaki değişim

istatistik olarak önemli çıkmıştır. En geniş gövde çapına D konusu sahip olurken bunu sırasıyla B konusu, E konusu ve C konusu takip etmiştir. Kontrol konusu (yöresel dikim) en küçük gövde kesit alanına sahip olan konu olmuştur.

İki yılın sonunda zeytin fidanlarındaki bu gelişim ve yörede yeni dikilen zeytin fidanların sulama olmadan yetişmediği de dikkate alındığında mikrohavza su hasadının ve toprağın su tutma kapasitesini iyileştirici etmenlerin fidan gelişimine olumlu etkisi olmuştur.

KAYNAKLAR

Al-Seekh SH, Mohammad AG (2009). The Effect of Water Harvesting Techniques on Runoff, Sedimentation, and Soil Properties Environmental Management. Volume 44, Number 1, 37-45

Ansçütz J, Kome A, Nederlof M, De Neef R, Van De Ven T (2003). Water harvesting and soil water retention. Agromisa Foundation. Wageningen.

Anonim (2013). <http://z-oliveworld.blogspot.com/2006/02/memecik-zeytin-tr.html> Erişim tarihi: 23.01.2013

Boers T, Ben-Asher J (1980). Harvesting water in the desert. In: annual report 1979, International Institute for land reclamation and improvement, Wageningen, Netherlands.

DSİ (2013). 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu Bildirisi






MGM., (2011). Muğla-Köyceğiz Meteoroloji İstasyonu aylık rasat verileri.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

Oweis T, Hachum A, Kijne J (1999). Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Oweis T, Prinz D, Hachum A (2001). Water Harvesting: Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments. ICARDA, Aleppo, Syria. 40 pp.

Topraktan ve Yapraktan Azot ve Çinko Uygulamalarının Buğdayda Tane Çinko ve Demir Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

Hatun BARUT^{1,*}  Sait AYKANAT¹  Elif HAKLI HEYBET²  Selim EKER³  İsmail ÇAKMAK⁴ 

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

²Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Adana

³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

⁴Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): baruthatun@yahoo.com

Geliş tarihi (Received): 28.03.2019

Kabul tarihi (Accepted): 27.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655563

Öz

Bu çalışmada, ekmeçlik buğdaya (*Triticum aestivum* cv. Adana 99) topraktan ve yapraktan azot ve çinko uygulamalarının tanenin azot (N), çinko (Zn), demir (Fe) konsantrasyonu ve verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu çalışma sera koşullarında, tesadüf parsellerinde 4 faktörlü faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Topraktan uygulamada iki farklı çinko dozu (0.1 ve 1 mg kg⁻¹) ve iki farklı azot dozu (200 ve 500 mg kg⁻¹) kullanılırken, yapraktan uygulamalarda çinkosuz (-Zn) ve çinkolu (+ Zn, 0.5% ZnSO₄.7H₂O) koşullarda %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltileri kullanılmıştır. Yapraktan yapılan uygulamalarda yalnızca bayrak yaprağı ilgili çözeltilere daldırılmış ve toplam 25 sn bekletilmiştir. Yaprak uygulamaları birer gün arayla 6 kez yinelenmiştir. Bitkiler tane olgunluğuna ulaştıktan sonra hasat edilmiştir. Hasat sonucu elde edilen tanelerde N, Zn ve Fe analizleri yapılmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, ortalamalar bazında, topraktan N uygulaması, tane Zn konsantrasyonunu %29, topraktan Zn uygulaması %40 oranında arttırmıştır. Yapraktan Zn uygulaması, tane Zn konsantrasyonunu %33 oranında artırırken, yapraktan üre uygulaması ise düşük düzeyde artış sağlamıştır. Topraktan N uygulaması, tane Fe konsantrasyonunu %26 arttırmış, topraktan Zn uygulaması ise %28 oranında azaltmıştır. Yapraktan Zn uygulaması tane Fe konsantrasyonunda %6'lık artış sağlamıştır. Yapraktan üre uygulaması tane Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir etki yapmamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tanenin Zn ve Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Bitki için ortama yeterince Zn sağlandığı zaman, hem topraktan hem de yapraktan azot uygulaması ile tanenin Zn içeriği artmıştır. Sonuç olarak, yeterli Zn dozu ile yüksek N dozu uygulamasının Zn ve Fe'in alınımı ve remobilize olmasına katkısı olmuştur.

Anahtar kelimeler : Azot, buğday, çinko, demir, remobilizasyon

Effects of Soil and Foliar Nitrogen and Zinc Treatments on Wheat Grain Zinc and Iron Concentrations

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of foliar and soil nitrogen (N) and zinc (Zn) treatments of bread wheat (*Triticum aestivum* cv. Adana 99) on grain nitrogen (N), zinc (Zn), iron (Fe) concentrations and yields. This study was carried out in 4-factorial trial random plot design under greenhouse. Two

* Bu makale doktora tezinden türetilmiştir.

different zinc (0.1 and 1 mg kg⁻¹) and nitrogen doses (200 and 500 mg kg⁻¹) were applied to the soil and 0%, 0.1%, 0.5% and 1% urea solutions were foliarly applied to zinc-free (-Zn) and zinc containing (+ Zn, 0.5% ZnSO₄.7H₂O) conditions. For foliar applications, only the flag leaf was immersed 25 seconds into solution. Immersion of the leaves in the solutions was repeated 6 times with a single day intervals. Plants were harvested after grains matured and grain samples were analysed for N, Zn and Fe concentrations.

Statistical analysis showed that average grain Zn concentration was increased 29% with soil applied N and increased 40% with soil applied Zn. Foliar applied Zn increased grain Zn concentration 33% while foliar applied urea resulted with low increases at that value. Soil applied N increased grain Fe concentration 26% whereas soil applied Zn reduced Fe concentration 28%. Foliar applied Zn resulted with 6% increase in grain Fe concentrations. Foliar urea application was not effective on grain Fe concentrations. Results revealed in general that N and Zn-nutrition had significant effect on grain Zn and Fe concentrations. When the plants were supplied with sufficient Zn, both soil and foliar nitrogen treatments increased grain Zn concentrations. It was concluded that sufficient Zn and high N rates promoted Zn and Fe uptake and also their re-mobilization from the vegetative tissues into grains.

Keywords: Iron, nitrogen, remobilization, wheat, zinc

GİRİŞ

Mikro besin elementi eksiklikleri, dünya genelinde 3 milyondan fazla insanın etkilendiği yaygın bir sağlık problemidir (Hotz ve Brown, 2004; Welch ve Graham, 2004; Çakmak vd., 2010). Mikro besin elementi eksiklikleri arasında, çinko (Zn) ve demir (Fe) eksiklikleri en yaygın olanlarıdır. Buğday, gelişmekte olan birçok ülkede en önemli temel enerji kaynağıdır ve bu nedenle beslenme kalitesinin artırılması gerekmektedir.

Tahıl tanelerinin çinko içeriğini yükseltmek, insanlarda beslenme yoluyla ortaya çıkan Zn eksikliğine bağlı sağlık problemlerini azaltmada önemli bir global stratejidir. Son yıllarda kontrollü koşullarda yapılan çalışmalarda, tanenin Zn ve Fe konsantrasyonunun, azot uygulamasıyla artırılabilirliği ve Zn ve N uygulamalarının makarnalık buğdayın tane Zn konsantrasyonunun artırılmasında sinerjik etki yaptığı belirtilmiştir (Kutman vd., 2010; Shi vd., 2010). Azot beslenme statülerinin etkilediği birçok fiziksel ve moleküler mekanizmalardan dolayı, yiyeceklerin Zn ve Fe bakımından zenginleştirilmelerinde, bitkilerin N beslenmesinin en önemli komponent olduğu gösterilmiştir (Çakmak vd., 2010). Literatürde, amino asit ve nicotianamine gibi birkaç azotlu bileşiğin Zn ile şelat oluşturarak floemde taşınmasında muhtemel bileşikler olduğu tartışılmaktadır (Grusak vd., 1999; Von Wiren vd., 1999). Bu azotlu bileşikler aynı zamanda Zn'nun kök bölgesinden bitkinin yeşil aksamına taşınmasında rol oynarlar. Bitkiye uygulanan azot miktarının artmasıyla yapraklardaki toplam serbest

amino asitlerin miktarı artmakta ve bu asitler Zn'nun floemde taşınmasını teşvik etmektedir (Caputo ve Barneix, 1997; Kutman vd., 2011).

Yapraklarda biriken fotoasimilantların, tane ve meyveye gönderilmesi, doğal yaşlanma sırasında (senesens) generatif dönemde gerçekleşen fizyolojik bir olaydır. Senesens sırasında besin asimilasyonu yerini besin remobilizasyonuna bırakmakta ve artan miktarlarda besin (amino asitler, basit şekerler, mineral besin elementleri) taneye taşınmaktadır (Feller ve Fischer, 1994; Marschner, 1995). Yapılan moleküler çalışmalarla, senesens ve tane protein konsantrasyonunun, tanede Zn birikimi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Modern ekmeklik buğday- *T. dicoccoides* kromozom hatları ile yürütülen çalışmalarda tanede Zn birikimi ile ilişkili genlerin 6A ve 6B kromozomunda lokalize olduğu bildirilmiştir (Çakmak, 2002; Çakmak vd., 2004). Daha sonra yapılan çalışmalarda ise *T. dicoccoides* 6B kromozomundan Gpc-B1 lokusunun modern buğdaya aktarılması ile elde edilen transgenik buğdaylarda, senesensin hızlanmasıyla tane protein konsantrasyonunun (Olmos vd., 2003) ve Zn konsantrasyonunun da arttığı (Distelfeld vd., 2007) belirlenmiştir. Deckard vd. (1996)'na göre 6B kromozom hattının yüksek protein konsantrasyonu muhtemelen kökler tarafından N alımındaki artışlara ya da taneye artan düzeyde N taşınımıyla ilişkilidir. Tane proteinleri, Zn depolama kapasitesini artırarak Zn'nun taneye taşınmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durum, birçok araştırmada belirtildiği gibi, tane

proteinleri ile tane Zn'su arasında (aynı şekilde Fe için de) var olan yüksek pozitif korelasyon ile desteklenmektedir (Petersen vd., 1986; Zebarth vd., 1992; Feil ve Fossati, 1995; Morgounov vd., 2007; Pleg vd., 2008).

Erenoğlu vd. (2011), besin çözeltisi ortamında yetiştirilen buğday bitkisinin N beslenme düzeyleri arttırıldığında, Zn'nun kökler tarafından alınımı, yeşil aksama taşınması ve yeşil aksamda mobilizasyonunun arttığını belirtmişlerdir. Bu etkinin, buğday tanesinde artan N ile tane protein içeriğinin artması ve artan protein içeriğinin de Zn bağlanması için önemli olacağı belirtilmiştir (Kutman vd., 2010).

Bu çalışmada, çinko ve azot uygulamalarının buğdayda tane azot, çinko ve demir birikimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Sera denemesinin yürütülmesi ve analizler

Bu çalışma, sera koşullarında, tesadüf parsellerinde 4 faktörlü faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Sera denemesinde, Zn eksikliği olduğu bilinen Eskişehir-Sultanönü toprağı kullanılmıştır (Çizelge 1). Tohum materyali olarak Adana-99 ekmeçlik buğday çeşidi kullanılmıştır. Plastik saksıların kullanıldığı denemelerde her saksıya 2800 g toprak konulmuştur. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 150 mg kg⁻¹ N, Ca(NO₃)₂ formunda; 100 mg kg⁻¹ P, KH₂PO₄ formunda; 2.5 mg kg⁻¹ Fe, FeEDTA formunda ve 20 mg kg⁻¹ S, CaSO₄ formunda uygulanmıştır. Toprakta uygulamada iki farklı çinko dozu (0.1 ve 1 mg kg⁻¹) ve iki farklı azot dozu (200 ve 500 mg kg⁻¹) kullanılırken, yaprakta uygulamalarda çinkosuz (-Zn) ve çinkolu (+Zn, %0.5'lik ZnSO₄.7H₂O) koşullarda %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltileri kullanılmıştır. Saksı başına 12 tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı önce 6'ya ve 3 gün sonra 5'e seyreltilmiştir. Daha sonra bayrak yaprağından uygulamaları yapabilmek için

her saksıdaki bitki sayısı 4'e seyreltilmiştir. Saksılarda 4 ana sap kalacak şekilde kardeşler kesilmiştir. Yaprak uygulamalarında bayrak yaprağı, %0.01'lik yapıştırıcı (Tween) içeren %0.5'lik ZnSO₄ ve %0, %0.1, %0.5 ve %1'lik üre çözeltilerine daldırılmış ve toplam 25 sn bekletilmiştir. Yaprak uygulamaları birer gün arayla 6 kez yinelenmiştir. Bitkiler tane olgunluğuna ulaştıktan sonra hasat edilmiştir.

Çinko, Demir ve Azot analizleri

Denemelerin hasat edilmesi sonucu elde edilen tane örnekleri (0.2 g) mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre H₂O₂-HNO₃ asit karışımında yarım saat süreyle yakılıp saf su ile son hacmi 20 ml'ye tamamlanmış ve mavi bant filtre kağıdından süzölmüştür. Daha sonra bu örneklerde ICP-OES (Varian Vista) cihazında Zn (213.8 nm dalga boyunda) ve Fe (234.3 nm dalga boyunda) ölçümleri yapılmıştır. Azot konsantrasyonlarının belirlenmesi için Dumas yöntemine göre çalışan LECO TruSpec C/N Analyser (Leco Corp. St Joseph, MI, USA) cihazı kullanılmıştır.

Toprak analizleri

Toprakta bitkiye yarayışlı mikro element (Zn, Fe, Mn, Cu) konsantrasyonları Lindsay ve Norvel'e (1978) göre DTPA yöntemine göre AAS'de belirlenmiştir. Topraklarda bitkiye yarayışlı P içeriği, Olsen ve ark. (1954) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Toprakta K analizi, amonyum asetat (pH: 7, 1N) yöntemine göre AAS'de belirlenmiştir (Carson, 1980). Toprakta pH, saturasyon çamuru oluşturulduktan sonra dijital pH metreyle belirlenmiştir (Jackson, 1959). Toprak organik madde içeriği, Walkley-Black yaş yakma metoduyla belirlenmiştir (Jackson, 1959). Kum, silt ve kil fraksiyonlarının belirlenmesi hidrometre yöntemiyle yapılmıştır (Bouyoucus, 1952). Toprak kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek hesaplanmıştır (Çağlar, 1949). Saturasyon çamurunda total tuz Wheatstone köprüsü yöntemi ile saptanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Çizelge 1. Sera Denemelerinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Table 1. Some Physical and Chemical Properties of the Soil Used in the Greenhouse Experiments.

Tekstür	pH	Tuz	Kireç	O. M.	P*	K*	Zn*	Fe*	Mn*	Cu*
Sınıfı	(1:2.5)	(mmhos cm ⁻¹)	(%)				(mg kg ⁻¹)			
CL	8.06	0.21	12	1.08	3.63	340	0.17	4.11	4.65	1.04

*Bitkiye yarayışlı

İstatistik analizler

İstatistik analizlerde MSTAT paket programı kullanılmıştır. Varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sera koşullarında tane çinko konsantrasyonunun artırılmasına yönelik olarak yürütülen denemede, farklı dozlarda uygulanan çinko (toprakdan 0.1 ve 1 mg kg⁻¹, yaprakdan %0 ve %0.5 ZnSO₄) ve azotun (toprakdan 200 ve 500 mg kg⁻¹, yaprakdan %0, %0.1, %0.5 ve %1 üre) etkileri araştırılmıştır. Uygulamaların ekmeçlik buğday çeşidinin tane azot, çinko ve demir konsantrasyonu ile verim değerleri üzerine etkisi incelemiş ve varyans analiz sonuçları aşağıda Çizelge 2’de verilmiştir.

Uygulamaların tane azot konsantrasyonuna etkileri

Genel olarak, topraktan Zn ve N uygulamaları ile yaprakdan Zn uygulamasının tane N konsantrasyonu üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 2 ve 3). Ortalamalar bazında bakıldığında, topraktan yapılan N uygulamasının 200 mg kg⁻¹’ dan 500 mg kg⁻¹’a çıkarılmasıyla tane N

konsantrasyonu %1.97’den %3.13’e yükselmiştir (Çizelge 3). Bu artış, özellikle toprakta yeterli Zn (1 mg kg⁻¹) bulunduğu koşullarda daha fazla görülmektedir. Ramussen ve Rodhe (1989) buğdayda azot uygulamasının verimi ve bitkilerce azot alımını arttırdığını belirtmişlerdir. Kutman vd. (2010) tarafından yürütülen çalışmada da, bitki için yeterli Zn sağlandığı zaman tanenin Zn ve N içeriği arasında önemli ve pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

Toprakdan yapılan Zn uygulamasının 0.1 mg kg⁻¹’den 1 mg kg⁻¹’e çıkarılması ile tane N konsantrasyonu %2.60’tan %2.50’ye düşmüştür (Çizelge 3). Bitki büyüme ve gelişiminin daha iyi olmasından dolayı N konsantrasyonunda seyrelme meydana gelmektedir. Bitki biyomas üretiminin artışına bağlı olarak bitki dokusunda bulunan herhangi bir besin elementinin seyreltilmesi nedeniyle, söz konusu elementin dokudaki konsantrasyonunun yükselmemesi iyi bilinen bir olgudur (Marschner, 1995). Tüm koşullarda yaprakdan artan oranlarda üre uygulaması tane N düzeyi üzerinde önemli bir etki göstermemiştir (Çizelge 2 ve 3). Yapraktan N uygulamalarının ise tane N konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak önemli olmamıştır. Çizelge 4’te üre uygulamalarının tane Zn konsantrasyonunu yeterince arttırmaması bitkilerin Zn miktarının

Çizelge 2. Tane Azot, Çinko ve Demir Konsantrasyonu ile Tane Verimi Değerlerine Ait Varyans Analizi

Table 2. Analysis of Variance for Grain Nitrogen, Zinc and Iron Concentrations and Grain Yield Values

Varyasyon Kaynakları	Tane N Kons. (%)			Tane Zn Kons. (mg kg ⁻¹)		Tane Fe Kons. (mg kg ⁻¹)		Tane Verimi (g başak ⁻¹)	
	SD	K.Ort.	F Pr.	K. Ort.	F Pr.	K. Ort.	F Pr.	K.Ort.	F Pr.
Toprak Zn (A)	1	0.326	12.91**	924.50	306.56**	4197.57	644.48**	8.005	236.22**
Toprak N (B)	1	42.990	1702.73**	528.12	175.12**	2072.07	318.14**	0.519	15.31**
AxB	1	3.585	141.97**	180.50	59.85**	82.883	12.72**	0.018	0.5397
Yaprak Zn (C)	1	0.109	4.32*	657.03	217.87**	134.070	20.58**	0.460	13.56**
AxC	1	0.389	15.42**	140.28	46.51**	173.445	26.63**	0.066	1.9523
BxC	1	0.018	0.6962	2.531	0.8394	5.695	0.8745	0.009	0.2640
AxBxC	1	0.554	21.93**	0.031	0.0104	2.258	0.3467	0.017	0.4982
Yaprak N (D)	3	0.030	1.1995	8.250	2.7358*	1.654	0.2539	0.042	1.2407
AxD	3	0.004	0.1512	5.250	1.7409	13.904	2.1347	0.036	1.0637
BxD	3	0.052	2.0745	0.375	0.1244	2.945	0.4522	0.006	0.1718
AxBxD	3	0.013	0.5275	3.000	0.9948	2.008	0.3083	0.024	0.6935
CxD	3	0.044	1.7600	8.865	2.9396*	17.404	2.6721	0.035	1.0464
AxCxD	3	0.004	0.1476	7.615	2.5250	11.029	1.6933	0.062	1.8323
BxCxD	3	0.036	1.4061	0.781	0.2591	3.154	0.4842	0.017	0.5037
AxBxCxD	3	0.020	0.8028	3.531	1.1710	19.299	2.9632*	0.035	1.0235
Hata	96	0.025		3.016		6.513		0.034	
CV (%)			6.23		10.81		7.24		7.72

* P< 0.05 düzeyinde önemli, ** P< 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 3. Çinko (topraktan 0.1 ve 1 mg kg⁻¹; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO₄ (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (topraktan 200 ve 500 mg kg⁻¹, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Azot Konsantrasyonu (%) Üzerine Etkisi.

Table 3. Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg⁻¹, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO₄ (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg⁻¹; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Nitrogen Concentrations (%) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

Top. Zn	Top. N	-Zn					+Zn					Genel Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
(mg kg ⁻¹)		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	2.01	2.21	2.33	2.19	2.18 _d	2.12	2.30	2.21	2.16	2.20 d	2.19 c
	500	2.82	2.90	2.79	2.90	2.85 c	3.29	3.17	3.15	3.09	3.18 b	3.01 b
	Ort.	2.42	2.55	2.56	2.54	2.52 b	2.71	2.73	2.68	2.63	2.69 a	2.60 a
1	200	1.69	1.73	1.82	1.67	1.73 e	1.71	1.79	1.82	1.82	1.78 e	1.75 d
	500	3.24	3.32	3.38	3.38	3.33 a	3.26	3.21	3.14	3.07	3.17 b	3.25 a
	Ort.	2.46	2.52	2.60	2.53	2.53 b	2.48	2.50	2.48	2.44	2.48 b	2.50 b
Genel Ort.		2.44	2.54	2.58	2.53		2.60	2.62	2.58	2.53		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg⁻¹ Zn): 2.60 a, (1 mg kg⁻¹ Zn): 2.50 b
 Top. N Ort.: (200 mg kg⁻¹ N): 1.97 b, (500 mg kg⁻¹ N): 3.13 a
 Yap.Zn Ort.: (-Zn): 2.52 b, (+Zn): 2.58 a
 Yap.Üre Ort.: (%0 Üre): 2.52, (%0.1 Üre): 2.58, (%0.5 Üre): 2.58, (%1 Üre): 2.53

düşüklükleriyle ilişkili görünmektedir. Kutman (2010, 2011)'a göre, N ve Zn arasındaki olumlu ilişki her iki elementin dokularda yeterli bulunması durumunda ortaya çıkmaktadır.

Uygulamaların tane çinko konsantrasyonuna etkileri

Topraktan Zn ve N ile yapraktan Zn ve üre uygulamaları tane Zn konsantrasyonu üzerinde etkili olmuştur (Çizelge 2 ve 4). Ortalamalar bazında bakıldığında; tane Zn konsantrasyonundaki genel artışın %40 ile topraktan Zn uygulamasında, %33 ile yapraktan Zn uygulamasında ve %29'luk bir artış ile topraktan N uygulamasında meydana geldiği görülmüştür (Çizelge 4). Yapraktan artan oranlarda N uygulaması tane Zn konsantrasyonu üzerinde düşük seviyede de olsa artışa neden olmuştur (Çizelge 4). Besin çözeltisi ortamında yetişen buğday bitkisinde N beslenme düzeyi artırıldığında Zn'un (Zn-65) bitki köklerinde alımı, yeşil aksamın taşınımı ve yeşil aksamda mobilizasyonu da artmaktadır (Erenoğlu vd., 2011). Sera koşullarında yetiştirilen buğday toprak ve yapraktan N uygulandığında da tane Zn kapsamı artırılabilir (Kutman vd., 2010). Söz konusu etki, buğday tanesinde artan N ile tane protein kapsamının artması ve proteinlerin de Zn için bir cazibe odağı (sink) olması ile açıklanmaktadır.

En düşük Zn konsantrasyonu, yapraktan Zn uygulanmayan ve topraktan ise düşük dozda Zn ve N uygulaması koşullarında saptanmıştır. Çinkonun noksan olduğu bu koşullarda, yapraktan N uygulaması tanenin Zn konsantrasyonu üzerinde olumlu bir etki yapmamıştır (Çizelge 4). Öztürk vd. (2011)'nin yürüttükleri çalışmada, yetersiz Zn ortamında yetişen bitkilerin N ve S beslenme durumu, Zn alımı ve mobilizasyonuna etki yapmazken, yeterli Zn koşullarında ise N ve S beslenmesinin iyileştirilmesi ile Zn alımı ve mobilizasyonunun da artış gösterdiği belirtilmiştir. Tahıl tanesinde Zn birikiminin artırılmasında, dengeli N ve S gübrelenmesi anahtar role sahiptir. Çinkonun taneye taşınabilmesi için organik ligandlarla şelat oluşturması gerekmektedir (Marschner, 1995). Bitkilerde Fe ve Zn'nun şelatlanması ve taşınımında değişik bileşikler rol oynamaktadır. Bunların başında nicotianamin (NA), aminoasitleri, organik asitler ve fitosideroforlar gelmektedir. Buna karşılık, Zn'nun topraktan yeterli (veya yüksek) dozda uygulanması ve yapraktan Zn uygulanması tanenin Zn konsantrasyonu üzerinde önemli-olumlu etki yapmıştır. Yapraktan Zn gübrelenmesine ilave olarak, topraktan uygulanan N dozunun artırılması tüm Zn uygulamalarında tane Zn konsantrasyonunu arttırmıştır. Yapılan sera deneme sonuçlarına göre, yapraktan Zn ve topraktan N uygulamaları tane Zn konsantrasyonunu arttırmaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Çinko (toprakdan 0.1 ve 1 mg kg⁻¹; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO₄ (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (toprakdan 200 ve 500 mg kg⁻¹, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Çinko Konsantrasyonu (mg kg⁻¹) Üzerine Etkisi.

Table 4. Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg⁻¹, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO₄ (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg⁻¹; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Zinc Concentrations (mg kg⁻¹) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Zn Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)										
Top. Zn (mg kg ⁻¹)	Top. N	-Zn					+Zn					Gen. Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	8.75	9.75	8.75	9.00	9.06	14.00	15.50	16.25	18.25	16.00	12.53 d
	500	11.00	11.75	10.75	10.75	11.06	17.00	15.50	17.75	19.25	17.38	14.22 c
	Ort.	9.88	10.75	9.75	9.88	10.06 c	15.50	15.50	17.00	18.75	16.69 b	13.38 b
1	200	14.00	14.00	15.00	13.75	14.19	17.00	15.75	18.25	16.50	16.88	15.53 b
	500	21.00	20.25	20.50	21.75	20.88	21.75	23.00	24.75	22.75	23.06	21.97 a
	Ort.	17.50	17.13	17.75	17.75	17.53 b	19.38	19.38	21.50	19.63	19.97 a	18.75 a
Gen. Ort.		13.69 c	13.94 c	13.75 c	13.81 c		17.44 b	17.44 b	19.25 a	19.19 a		
Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg ⁻¹ Zn): 13.38 b, (1 mg kg ⁻¹ Zn): 18.75 a												
Top. N Ort.: (200 mg kg ⁻¹ N): 14.03 b, (500 mg kg ⁻¹ N): 18.09 a												
Yap. Zn Ort.: (-Zn): 13.80 b, (+Zn): 18.33 a												
Yap. Üre Ort.: (%0 Üre): 15.56 b, (%0.1 Üre): 15.69 ab, (%0.5 Üre): 16.50 a, (%1 Üre): 16.50 a												

Azotla besleme, Zn'nun kökten alınımı, kökten üst aksama taşınması veya Zn'nun floem sistemine yüklenmesi gibi taşıma işlemlerinde görevli ZIP family proteinler ve YLS taşıyıcıları gibi proteinlerin miktarını (sayısını, çokluğunu) etkileyebilmektedir (Waters vd., 2006; Haydon ve Cobbet, 2007). Bitkide Zn'nun taşınması veya şelat oluşturmayı etkileyen nicotinamine, peptitler ve amino asitler gibi bileşiklerin konsantrasyonları bitkiye verilen azottan etkilenebilmektedir. Yüksek N uygulaması, amino asit olarak yapraktaki veya floemdeki azotlu bileşiklerin kaynağını önemli ölçüde arttırabilmektedir (Caputo ve Barneix, 1997; Rubio-Covarrubias vd., 2009). Son yıllarda yapılan genetik çalışmalarda, makarnalık buğdayda, senesens sırasında N'un remobilizasyonu ve Fe ve Zn'nun remobilizasyonu arasında yakın ilişki belirlenmiştir. 6B kromozomunun kısa kolunda bulunan Gpc-B1 lokusunda lokalize olan NAM-B1 geni, N, Fe ve Zn'nun remobilizasyonu ve bu elementlerin tanedeki konsantrasyonlarına katkıda bulunmaktadır (Distelfeld vd., 2007; Uauy vd., 2006a,b; Waters vd., 2009). Yabani gernik buğdayından elde edilen Gpc-B1 geninin hem tane proteinini hem de her iki elementin tanedeki konsantrasyonunu etkilediği bulunmuştur. NAC trancription faktörle kodlanan bu gen (NAM-B1), olgunlaşmayı ve besin elementlerinin (N, Fe ve Zn) yeşil aksamdan taneye taşınmasını hızlandırmaktadır

(Uauy vd., 2006a). Yüksek doz N uygulaması çiçeklenme sonrası dönemde sadece kökten Zn alımında etkili olan taşıyıcıların etkinliğini arttırmakla veya kökten üst aksama Zn taşımada etkili olan şelatların miktarını arttırmakla değil, aynı zamanda, bitki yaşlanmasını geciktirerek tane dolum süresini artırarak bitki tarafından Zn alınımını ve taneye birikimini arttırabilmektedir (Yang ve Zhang, 2006).

Uygulamaların tane demir konsantrasyonuna etkileri

Tane Fe konsantrasyonları (Çizelge 2 ve 5) açısından değerlendirildiğinde; topraktan Zn uygulamasının tane Fe konsantrasyonlarını 41.00 mg kg⁻¹'den 29.55 mg kg⁻¹'e düşürerek %28 oranında azalttığı bulunmuştur (Çizelge 5). Çinkonun arttırılması ile bitki gelişiminin artması ve dolayısıyla verimlerin de artmasından dolayı, tanedeki konsantrasyonda seyrelme meydana gelmiştir. Çinko ile Fe arasındaki zit ilişki hem bitkilerin hemde memelilerin sisteminde saptanmıştır (Çakmak, 2000; Niles vd., 2008). Buna karşılık, topraktan N ve yapraktan Zn uygulamaları tane Fe konsantrasyonu üzerinde arttırıcı etkide bulunmuştur. Toprakdan N uygulaması ortalamalar bazında tane Fe düzeyini %26 arttırırken, yapraktan Zn uygulaması tane Fe düzeyinde sadece %6'lık bir artış sağlamıştır. Yapraktan artan üre uygulaması tane Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye bulunmamıştır (Çizelge 2, 5).

Çizelge 5. Çinko (topraktan 0.1 ve 1 mg kg⁻¹; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO₄ (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (topraktan 200 ve 500 mg kg⁻¹, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Demir Konsantrasyonu (mg kg⁻¹) Üzerine Etkisi.

Table 5. Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg⁻¹, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO₄ (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg⁻¹; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Iron Concentrations (mg kg⁻¹) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Fe Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)										
Top. Zn (mg kg ⁻¹)	Top. N (mg kg ⁻¹)	-Zn					+Zn					Gen. Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	36.25	35.50	35.00	37.00	35.94	37.75	39.75	41.25	40.75	39.63	37.78 b
	500	42.00	44.50	41.00	40.50	41.69	45.00	45.50	46.25	50.25	46.75	44.22 a
	Ort.	39.13	39.38	38.00	38.75	38.81b	41.38	42.63	43.25	45.50	43.19a	41.00 a
1	200	25.00	25.00	25.75	24.00	24.94	24.00	24.25	25.75	24.00	24.50	24.72 d
	500	37.50	31.75	33.75	34.75	34.44	33.50	35.50	37.25	33.25	34.31	34.75 c
	Ort.	31.25	28.38	29.75	29.38	29.69c	28.75	29.88	30.38	28.63	29.41c	29.55 b
Gen. Ort.		35.19	33.88	33.88	34.06		35.06	36.25	36.81	37.06		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg⁻¹ Zn): 41.00 a, (1 mg kg⁻¹ Zn): 29.55 b

Top. N Ort.: (200 mg kg⁻¹ N): 31.25 b, (500 mg kg⁻¹ N): 39.30 a

Yap.Zn Ort. : (-Zn): 34.25 b, (+ Zn): 36.30 a

Yap.Üre Ort. : (%0 Üre): 35.13, (%0.1 Üre): 35.06, (%0.5 Üre): 35.34, (%1 Üre): 35.56

Yüksek N uygulamasının Fe'in alınımı, yeniden taşınması ve taneye yerleşmesi üzerine olan pozitif etkisi daha önce tanımlanan Zn mekanizması gibi açıklanabilir. Nitekim, bitkideki Zn ve Fe nin taşınmasında görev yapan şelatörler ve taşıyıcılar aynı veya benzerdirler (Haydon ve Cobbett, 2007). Son yıllarda yapılan genetik çalışmalarda, senesens sırasında N'un remobilizasyonu ve Fe ve Zn'nun remobilizasyonu arasında yakın ilişki belirlenmiştir (Distelfeld vd., 2007; Uauy vd., 2006a,b; Waters vd., 2009). Transgenik tütün bitkisi kullanarak yapılan bir çalışmada, nikotianaminin (NA) olasılıkla NA-Fe spesifik transporter proteini aracılığıyla, Fe'in (ve Zn'nun) genç yapraklara ve tohumlara taşınımında kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir (Takahashi vd., 2003). Von Wiren vd. (1999)'da Zn ve Fe'in floemde taşınmasında, nicotianamine ile şelatlanmış olabileceğini belirtmiştir. Methionine'den sentezlenen nicotianamine, sadece fitosideroforlar familyasından mugineic asitin (precursor) değil aynı zamanda Fe ve Zn'nun floemde taşınması, translokasyonu ve depolanmasını içermektedir (Waters vd., 2006; Curie vd., 2009; Trampczynska vd., 2010). Fitosideroforlar, Fe ve Zn içeren metallerin hem alımı hem de translokasyonunu sağlar (Marschner ve Romheld, 1994; Suzuki vd., 2008; Tsukamoto vd., 2009). Fitosideroforlardan, örn. Deoxymugineic asit Zn translokasyonuna katkıda bulunmaktadır (Suzuki vd., 2008). Benzer

şekilde, bitkilere Fe'in alımında ve taşınmasında Fe-deoxymugineic asit etkili olmaktadır (Alam vd., 2005; Tsukamoto vd., 2009).

Genel olarak, elde edilen bu bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tane Zn ve Fe konsantrasyonu üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

Uygulamaların tane verimi üzerine etkileri

Tane verimi açısından değerlendirildiğinde, topraktan Zn ve N ile yapraktan Zn uygulamalarının tane veriminde önemli oranda artışa yol açtığı bulunmuştur (Çizelge 2 ve 6). Topraktan yapılan Zn uygulamasının 0.1 mg kg⁻¹'den 1 mg kg⁻¹'e yükseltilmesi tane verimini 2.13 gr/başak'tan 2.63 gr/başak'a yükselttiği görülmektedir (Çizelge 6). Topraktan N uygulaması ile yapraktan Zn uygulamalarının tane verimi üzerindeki artırıcı etkisi benzer olmuştur. Artan oranlarda üre uygulamalarının ise tane verimi üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 2 ve 6). Eskişehir'de Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Konya'da Bahri Dağdaş Milletler arası Kışık Hububat Araştırma Merkezinde yürütülen çalışmalarda da, topraktan çinko uygulamasıyla buğday veriminde sırasıyla %35 ve %69'luk artışlar elde edilmiştir (Çakmak, 1994). Benzer sonuçlar değişik araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Yılmaz vd., 1998; Mungan ve Doran, 2003; Toğay vd., 2005).

Çizelge 6. Çinko (toprakdan 0.1 ve 1 mg kg⁻¹; yapraktan %0 (-Zn) ve %0.5 ZnSO₄ (+Zn)) ve Azot Uygulamalarının (toprakdan 200 ve 500 mg kg⁻¹, yapraktan %0, %0.1, %0.5 ve %1 Üre) Adana-99 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Tane Verimi (g başak⁻¹) Üzerine Etkisi.

Table 6. Effects of Zinc (soil: 0.1 and 1 mg kg⁻¹, foliar: 0 % (-Zn) and 0.5 % ZnSO₄ (+Zn)) and Nitrogen Treatments (soil: 200 ve 500 mg kg⁻¹; foliar: 0 %, 0.1 %, 0.5 % and 1 % urea) on the Grain Yield (g spike⁻¹) of the Bread Wheat Cultivar Adana-99.

		Tane Verimi (g başak ⁻¹)										
Top. Zn (mg kg ⁻¹)	Top. N	-Zn					+Zn					Genel Ort.
		Üre (%)					Üre (%)					
		0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	0.0	0.1	0.5	1.0	Ort.	
0.1	200	2.02	2.05	2.00	2.01	2.02	2.19	2.16	2.16	2.08	2.15	2.08
	500	2.07	2.01	2.00	2.26	2.08	2.25	2.35	2.30	2.26	2.29	2.19
	Ort.	2.05	2.03	2.00	2.14	2.05	2.22	2.25	2.23	2.17	2.22	2.13 b
1	200	2.51	2.70	2.39	2.47	2.52	2.60	2.61	2.59	2.60	2.60	2.56
	500	2.53	2.87	2.70	2.60	2.68	2.86	2.76	2.70	2.67	2.74	2.71
	Ort.	2.52	2.78	2.55	2.54	2.60	2.73	2.68	2.65	2.63	2.67	2.63 a
Genel Ort.		2.28	2.41	2.27	2.34		2.47	2.47	2.44	2.40		

Top. Zn Ort.: (0.1 mg kg⁻¹ Zn): 2.13 b, (1 mg kg⁻¹ Zn): 2.63 a
 Top. N Ort. : (200 mg kg⁻¹ N): 2.32 b, (500 mg kg⁻¹ N): 2.45 a
 Yap.Zn Ort.: (-Zn): 2.32 b, (+ Zn): 2.44 a
 Yap.Üre Ort.: (%0 Üre): 2.38, (%0.1 Üre): 2.44, (%0.5 Üre): 2.35, (%1 Üre): 2.37

Toprakta yapılan N uygulaması da benzer şekilde tane verimini arttırmıştır. Toprakta N uygulamasının 200 mg kg⁻¹'den 500 mg kg⁻¹'e çıkarılması tane verimini 2.32 gr/başak'tan 2.45 gr/başak'a yükseltmiştir (Çizelge 6). Yapraktan yapılan Zn uygulamasıyla tane verimi 2.32 gr/başak değerinden 2.44 gr/başak değerine yükselmiştir (Çizelge 6). Yürütülen başka bir çalışmada da; topraktan artan oranlarda uygulanan N ile tane veriminde belirgin bir artış meydana geldiği belirtilmiştir (Coşkun ve Öktem, 2003). Yapılan diğer araştırmalarda da; toprakta yeterli Zn olmadığı zaman, bitki tane veriminin, biyomas (tane hariç diğer aksam=sap/saman/yaprak/kavuz vs.) verimine göre Zn eksikliğine karşı hem tarla hem de sera koşullarında daha hassas olduğu saptanmıştır (Kutman vd., 2010). Tane veriminin Zn eksikliğine olan hassasiyetinin esas nedeninin; Zn eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan üreme organlarındaki bozulmalar olduğu bildirilmiştir (Sharma vd., 1990; Çakmak ve Engels, 1999). Yapılan diğer çalışmalarda da, Orta Anadolu'nun değişik bölgelerinde buğdayda çinko uygulamasının tane veriminde %5-550 arasında artışlar sağladığı belirtilmektedir (Çakmak vd., 1995; Yılmaz vd., 1995).

SONUÇLAR

Eldedilen bu bulgular, bitkinin N ve Zn beslenmesinin, tane Zn ve Fe konsantrasyonu

üzerinde önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Sera koşullarında yürütülen bu araştırmanın sonuçları, yeterli dozda N uygulamasının, buğday tanesinin hem Zn ve hem de Fe konsantrasyonunu yükseltmede hassas veya kritik bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Yeterli Zn dozu ile yüksek N dozu uygulamasının Zn ve Fe'in vejetatif dokudan alınımı ve remobilize olmasına katkısı olmuştur. Azot uygulamasının tanenin Zn ve Fe konsantrasyonu üzerine olan pozitif etkisi insan beslenmesi açısından önem taşımaktadır. Buğdayın Zn ve Fe içeriğinin yükseltilmesi konusunda daha fazla agronomik ve genetik çalışmaların yapılması yararlı sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yürütülmesindeki önemli katkılarından dolayı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi ve Sabancı Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Alam S, Kamei S and Kawai S (2005). Effectiveness of phytosiderophore in absorption and translocation of (59) iron in barley in the presence of plant-borne, synthetic and microbial chelators. Journal of Plant Nutrition, 28: 1709-1722.

Bouyoucos GJ (1952). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.

Çağlar KO (1949). Toprak su koruma mühendisliği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 108, Adana.

Çakmak I (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146(2): 185-205.

Çakmak I (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, 247:3-24.

Çakmak I and Engels C (1999). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In Z. Rengel (Ed.), *Crop Nutrition* (141-168). New York: The Haworth Press.

Çakmak I, Pfeiffer WH and McClafferty B (2010). Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal Chemistry*, 87(1): 10-20.

Çakmak I, Torun A, Millet E, Feldman M, Fahima T, Korol A, Nevo E, Braun HJ, Ozkan H. (2004). *Triticum dicoccoides*: An important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science Plant Nutrition*, 50: 1047-1054.

Çakmak İ, Atlı M, Kaya R, Eviya H and Marschner H (1995). Association of high light and zinc deficiency in cold induced leaf chlorosis in grapefruit and mandarin trees. *Journal Plant Physiol*, 146: 355-360.

Caputo C and Barneix AJ (1997). Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. *Physiologia Plantarum*, 101(4): 853-860.

Carson PL (1980). Recommended potassium test. P. 20-21. In: Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region. Rev. Ed. North Central. Regional Publication no. 221. North Dakota Agric. Exp. Stn. North Dakota State University, Fargo USA.

Coşkun Y ve Öktem A (2003). Farklı Dozlarda Ve Zamanlarda Uygulanan Azotun Makarnalık Buğdayın Verim Ve Verim Unsurlarına Etkisi. *HR. Ü.Z.F.Dergisi*, 7 (3-4):1-10 *J.Agric Fac. HR. U.* 7 (3-4): 1-10.

Curie C, Cassin G, Couch D, Divol F, Higuchi K, Jean M L, Misson J, Schikora A, Czernic P and Mari S (2009). Metal movement within the plant: contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. *Annals of Botany*, 103(1): 1-11.

Çakmak, İ., 1994. Selection and characterisation of Cereal genotypes with high resistance to zinc deficiency and boron toxicity and evaluation of bioavailability of zinc in cereals for GAP and Central Anatolia Regions. "TU-GENOTYPES" NATO Science for Stability Programme. III. Progress Report, Çukurova University, Adana

Deckard EL, Joppa LR, Hammond J J, Hareland G A (1996). Grain protein determinants of the Langdon durum-dicoides chromosome substitution lines. *Crop Science*, 36 (6): 1513-1516.

Distelfeld A, Çakmak I, Peleg Z, Ozturk L, Yazici AM, Budak H, Saranga Y, Fahima T (2007). Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. *Physiol Plant*, 129: 635-643.

Erenoğlu EB, Kutman UB, Ceylan Y, Yıldız B and Çakmak I (2011). Improved nitrogen nutrition enhances root uptake, root-to-shoot translocation and remobilization of zinc (65Zn) in wheat. *New Phytologist*, Vol.189, No.2, 438-448 (SCI)

Feil B and Fossati D (1995). Mineral composition of triticale grains as related to grain yield and grain protein. *Crop Sci.* 35: 1426-1431.

Feller U, Fischer A (1994). Nitrogen metabolism in senescing leaves. *Crit. Rev. Plant Science*,13: 241-273.

Grusak MA, Pearson JN, Marentes E (1999). The physiology of micronutrient homeostasis in field crops. *Field Crop Research*, 60: 41-56.

Haydon MJ and Cobbett CS. (2007). Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *New Phytologist*, 174:499-506.

Hotz C and Brown KH (2004). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) Technical Document -1. Hotz C and Brown KH, eds. *Food and Nutrition Bulletin*, 25: 91-204.

Jackson ML (1959). *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, New Jersey.

Kutman UB, Yıldız B, Çakmak I (2011). Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant Soil*, 342: 149-164.

Kutman UB, Yıldız B, Özturk I, Çakmak I (2010). Biofortification of durum wheat with zinc through soil and foliar applications of nitrogen. *Cereal Chemistry*, 87: 1-9

Lindsay WL and Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

Marschner H (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd edn. Academic Press, London.

Marschner H and Romheld V (1994). Strategies of plants for acquisition of iron. *Plant and Soil*, 165(2): 261-274.

Mishra SS, Gulati JML, Nanda SS, Garyanak LM, Jenz SN (1989). *Micronutrient Studies in Wheat*. Orissa Journal Of Agriculture Research, 2(2): 94-96.

Morgounov A, Gomez-Becerra HF, Abugaliyeva A, Dzhunusova M, Yessimbekova M, Muminjanov H, Zelenskiy Y, Ozturk L, Çakmak I (2007). Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. *Euphytica*, 155: 193-203.

Mungan S ve Doran İ (2003). Farklı Doz ve Yöntemlerle Uygulanan Çinkonun Makarnalık Buğday ve Arpanın Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi. 13-17 Ekim 2003.

Niles BJ, Clegg MS, Hanna LA, Chou SS, Momma TY, Hong H and Keen CL (2008). Zinc deficiency-induced iron accumulation: a consequence of alterations, iron regulatory protein binding activity, iron transporters, and iron storage proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 283(8): 5168-5177.

Olmos S, Distelfeld A, Chicaiza O, Schlatter AR, Fahima T, Echenique V, Dubcovsky J (2003). Precise mapping of a locus affecting grain protein content in durum wheat. *Theoretical Applied. Genetics*, 107: 1243–1251.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ., 939. U.S. Gov. Print Office, Washington D.C.

Ozturk L, Erenoğlu B, Kaya Y, Altıntaş Z, Haklı E, Andi E, Yılmaz Ö (2011). Çinko'nun Buğday Tanesine Tasınmasını Etkileyen Fizyolojik Mekanizmaların Araştırılması, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 108T436.

Peleg Z, Saranga Y, Yazici A, Fahima T, Ozturk L and Cakmak I (2008). Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc-efficiency in wild emmer wheat under contrasting irrigation regimes. *Plant and Soil*, 306(1-2): 57-67.

Peterson CJ, Johnson VA and Mattern P J (1986). Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran and grain. *Cereal Chemistry*, 63(3): 183-186.

Ramussen PE and Rohde CR (1989) Stubble Burning Effects On Winter Wheat Yield and Nitrogen Utilization Under Semiarid Conditions. *Soils and Fertilizers* October, Vol.52 No: 10, p. 1443.

Rubio-Covarrubias OA, Brown PH, Weinbaum SA, Johnson RS and Cabrera RI. (2009). Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in *Prunus persica* trees. *Scientia Horticulturae* 120(1): 27-33.

Sharma PN, Chatterjee C, Agarwala SC and Sharma CP (1990). Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). *Plant and Soil*, 124(2): 221-225.

Shi R, Zhang Y, Chen X, Sun Q, Zhang F, Romheld V and Zou C (2010). Influence of Long term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*, 51(1): 165-170.

Suzuki M, Tsukamoto T, Inoue H, Watanabe S, Matsushashi S, Takahashi M, Nakanishi H, Mori S and Nishizawa NK (2008). Deoxymugineic acid increases Zn translocation in Zn-deficient rice plants. *Plant Molecular Biology*, 66(6): 609-617.

Takahashi M, Terada Y, Nakai I, Nakanishi H, Yoshimura E, Mori S and Nishizawa NK (2003). Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metals and plant reproductive development. *Plant Cell*, 15: 1263-1280.

Toğay Y, Toğay N, Kocakaya Z, Erdal İ ve Çiğ F (2005). Van Koşullarında Çinko Uygulamasının Farklı Buğday Çeşit ve Hatlarında Verim ve Verim Öğeleri Zerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya (Araştırma Sunusu Cilt I, Sayfa 595-600)

Trampczynska A, Kupper H, Meyer-Klaucke M, Schmidt H and Clemens S (2010). Nicotianamine forms complexes with Zn(II) in vivo. *Metallomics* 2(1): 57-66.

Tsukamoto T, Nakanishi H, Uchida H, Watanabe S, Matsushashi S, Mori S and Nishizawa NK. (2009). Fe-52 translocation in barley as monitored by a positron-emitting tracer imaging system (PETIS): Evidence for the direct translocation of Fe from roots to young leaves via phloem. *Plant Cell Physiology*, 50(1): 48-57.

Uauy C, Brevis JC and Dubcovsky J (2006a). The high grain protein content gene *Gpc-B1* accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 57(11): 2785-2794.

Uauy C, Distelfeld A, Fahima T, Blechl A and Dubcovsky J (2006b). A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science* 314(5803): 1298–1301.

US Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of, Saline and Alkaline Soils (Ed L. A. Richards). USDA Agriculture Handbook B, No: 60, U. S. Gov. Printing Office, Washington, 160 P.

Von Wiren N, Klair S, Bansal S, Briat JF, Khodr H, Shioiri T, Leigh RA and Hider RC (1999). Nicotianamine chelates both Fe-III and Fe-II. Implications for metal transport in plants. *Plant Physiology*, 119: 1107-1114.

Waters BM, Chu H-H, Didonato RJ, Roberts LA, Easley RB, Lahner B, Salt DE and Walker E L (2006). Mutations in *Arabidopsis* Yellow Stripe-Like1 and Yellow Stripe-Like3 reveal their roles in metal ion homeostasis and loading of metal ions in seeds. *Plant Physiology*, 141(4): 1446-1458.

Waters BM, Uauy C, Dubcovsky J and Grusak MA (2009). Wheat (*Triticum aestivum*) proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds from vegetative tissues to grain. *Journal of Experimental Botany*, 60(15): 4263-4274.

Welch RM and Graham RD (2004). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany*, 55: 353–364

Yang J and Zhang J (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist* 169(2): 223-236.

Yılmaz A, Ekiz H, Torun B, Aydın A, Çakmak İ (1995). Determination of zinc application methods in zinc-deficient wheat growing areas of Central Anatolia. Pp. 91-95. Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC.

Yılmaz A, Gültekin İ, Ekiz H ve Çakmak İ (1998). Tohumla Uygulanan Farklı Konsantrasyonlardaki Çinko Sülfatın Buğday Verimine etkilerine Belirlenmesi. I. Ulusal Çinko Kongresi, Eskişehir.

Zebart BJ, Warren CJ and Sheard RW (1992). Influence of the rate of nitrogen fertilization on the mineral content of winter wheat in Ontario. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 40: 1528- 1530.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Gemlik Zeytin (*olea aeuropea*) Çeşidinde Sulamanın Peryodisite Üzerine Etkisi

Meral ANLAĞAN TAŞ^{1,*} Abdullah Suat NACAR¹ Veli DEĞİRMENCİ¹
Ebru SAKAR² Pınar BAHÇECİ ALSAN³

¹GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Şanlıurfa

²Harran Üni. Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

³Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): meral.anlagantas@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 03.05.2019

Kabul tarihi (Accepted): 28.08.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655572

Öz

Bu araştırma, Şanlıurfa koşullarında yetiştirilen zeytin ağaçlarına farklı gün aralıklarında yapılan sulama uygulamalarının verim ve periyodisiteye etkisini tespit etmek, araştırma bölgesinde yetiştirilen zeytin bitkisi için uygun sulama programını belirlemek amacıyla, GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2010-2015 yılları arasında Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesine bağlı Şehit Nusret Bey Fidanlığında yürütülmüştür. Deneme Konuları S1-Susuz, S2-7 gün, S3-14 gün, S4-21 gün, S5-28 gün ve S6-35 gün konularından oluşmuştur.

Elde edilen araştırma sonuçları değerlendirildiğinde; ilk iki yıl ön verim olarak alınmış, 2012 yılında sulama konularına başlanılmıştır. Yapılan istatistiki analizler sonucu her dört yılda S4 konusu (21 gün) ilk sırada yer almıştır. S4 konusuna uygulanan sulama suyu 749 mm, bitki su tüketimi 834 mm, elde edilen verim 1198 kg/da olmuştur.

Anahtar kelimeler : Mini spring, sulama, Şanlıurfa, zeytin

The Impact of Irrigation on the Periodicity of Gemlik Olive (*olea aeuropea*) in Southeastern Anatolia Region

Abstract

The research, that was supported by GAP Agricultural Research Institute, was conducted from 2010 to 2015 at the field belonged to metropolitan municipality of Sanliurfa. The reseach goal was to clarify yield, oil quality, and their effects on periodicity for olive trees on natural conditions with different irrigation periods. Also, it aimed to identify an appropriate amount and time periods of applying water for olive trees by separeted 6 part fields as non-irrigated (S1), irrigated once of each 7 days (S2), each 14 days (S3), each 21 days (S4), each 28 days (S5), and each 35 days.

The first 2 years of the research period was evaluated as adaptation of the trees, then the field was started to separete to 6 parts and irrigate based on each research topic explained above. The results of statistical analysis showed that the highest yield was obtained about 1198 kg/da from S4 (irrigated once of each 21 days). The amount of applied water on S4 area was about 479 mm, and evapotranspiration rate of trees was about 834 mm.

Key words: Mini spring, olive trees, irrigation, Şanlıurfa

GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tarım alanları, GAP projesi ile birlikte sulu tarıma geçmiş ve dolayısıyla geleneksel tarım anlayışı son yıllarda yerini modern tarıma bırakmaya başlamıştır. Bölgede sulanan alanların artmasıyla, beklenen bir sonuç olarak ürün çeşitliliği ve arazi kullanım planlamaları da değişmeye başlamıştır.

Zeytin için gereksinim duyduğu sulama suyunun büyük bir kısmını, evapotranspirasyonun yüksek olduğu haziran, temmuz ve ağustos gibi sıcak yaz aylarında uygulamak gerekmektedir. Yıllık sulama suyu gereksinimi 600 mm civarındadır. Özellikle yaz aylarında hava sıcaklıklarının artması ve bitkinin evapotranspirasyon yoluyla aşırı su kaybetmesi nedeniyle kuraklık stresinden korunmak için daha sık sulamaya ihtiyaç duyulur.

Periyodisitenin şiddetini azaltmak için uygulanacak kültürel önlemlerden en önemlisi sulamadır. Zeytin yetiştiriciliğinde karşılaşılan en önemli sorunlardan bir tanesi periyodisitedir. Ağacın bir yıl az, ertesi yıl fazla miktarda ürün vermesi gerek iç piyasa arzında ve gerekse yurt dışına yapılan zeytin ihracatında büyük sorunlara neden olmaktadır. Periyodisite nedeni ile zeytin üretimimiz % 50' den fazla düşüş göstermektedir. Periyodisite sorununun çözümü zeytin yetiştiriciliğine büyük katkılar sağlayacaktır. Zeytin yetiştiriciliğinde yok yılındaki üretimi önemli miktarda artırmak ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Ayrıca su kaynaklarımızın tasarruflu kullanımı da söz konusu olacaktır.

Denemede Gemlik zeytin çeşidinden oluşan bir zeytin bahçesi kullanılmıştır. Bahçede mini sprink sulama sistemi ile 0, 7, 14, 21, 28 ve 35'şer gün aralıklarında tarla kapasitesine göre sulama yapılmıştır. Belli gün aralıklarında yapılan sulamaların periyodisite etkileri belirlenmiştir. Bu sayede sulamanın periyodisite üzerine etkileri ile zeytinyağı kalitesi üzerine etkileri ortaya konmuştur. Bunun sonucunda ise kısıntılı su uygulaması ile su tasarrufu sağlanmış, periyodisitenin oluşum mekanizması belirlenmiş ve sulamanın periyodisite ve zeytinyağı kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında zeytinin su tüketimi de saptanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma yeri

Araştırma; Şanlıurfa-Mardin karayolu üzerinde, Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesine bağlı Şehit Nusret Bey fidanlığındaki zeytin bahçesinde yürütülmüştür. Gemlik zeytin çeşidinden oluşan bahçe de ağaçlar denemenin ilk yılında 10 yaşında olup, 6x6 m aralık mesafede dikilmişlerdir.

Toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü bahçe Sırrın Toprak Serisinde yer almaktadır. Harran Ovasının kuzeyinde çamur akıntılarında oluşmuş düz, düze yakın, çok derin A, B, C horizonlu olup, tüm profil kil tekstürlüdür. Tüm profil çok kireçlidir. Sırrın serisi topraklarında pH 7.2-7.5 arasında olup, organik madde içeriği düşük, Katyon Değişim Kapasiteleri yüksektir. Organik madde içeriği aşağılara doğru azalmakta %0.4-0.9 arasında değişmektedir (Dinç vd., 1988).

İklim özellikleri

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dahil olmakla beraber Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık olan bir iklim özelliği göstermektedir. Güneyden kuzeye gittikçe yağış miktarı artmaktadır. 19 Yıllık rasat değerlerine göre yıllık ortalama yağışın mevsimlere dağılım miktarı kış %53, ilkbahar %28, yaz %1, sonbahar %18'tür. Yıllık ortalama yağış 384 mm. civarındadır. Yıllık ortalama sıcaklık 17.1 °C civarındadır. En yüksek sıcaklık 46.8 °C, en düşük sıcaklık -16.8 °C olarak saptanmıştır. İlk don 30 Ekim, son don 27 Nisan'da görülmüştür. Ortalama nisbi nem %49'dur. Nisbi nem %31 ile Temmuz ayında en düşük, %69 ile Aralık ayında en yüksek değerine ulaşmaktadır (Anonim, 2016).

Araştırmanın yürütüldüğü zeytin çeşidi

Gemlik Zeytini Marmara Bölgesinin zeytin ağaçlarının büyük bir kısmını oluşturur. Özel bir grubu oluşturan Gemlik Zeytinleri her yıl düzenli olarak meyve verir. Zeytinin en belirgin özelliği renginin koyu siyah olması ve etinin çekirdekten kolayca ayrılabilmesidir. Meyve ve çekirdekleri orta irilikte olup %29.9 oranında yağ içerir. Gemlik zeytini için Trilye, Kıvırcık, Kaplık, Kara gibi isimlerde kullanılır (Anonim, 2010).

Su kaynağı ve sulama sistemi unsurları

Sulama işlemine ilkbaharda elverişli nem %60'a düştüğü zaman başlanmıştır. İlk sulamadan itibaren

tüm parsellerin 0-90 cm toprak derinliğindeki eksik nemi tarla kapasitesine çıkarıldıktan sonra konulu su uygulamalarına başlanmıştır. Sulama programı; 0-35 gün aralığında tüm sulamalarda toprak profilinin 90 cm derinliğindeki eksik nem tarla kapasitesine çıkarılarak parsel alanı ve 0.40 örtü yüzdesi ile düzeltildikten sonra su sayacı denetiminde uygulanmıştır. Topraktaki mevcut nem düzeyi 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak katmanlarından toprak örnekleri alınarak, gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

Denemede mini sprink yağmurlama sistemi kullanılmıştır. Yapılan infiltrasyon testi sonucuna göre başlık debisi 200 lt/h, ıslatma çapı 6 m seçilmiştir.

Tarla deneme metodu ve parsel ölçüleri

Deneme; Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Parsel ölçüleri

Parseller 18 m x 6 m boyutunda, her bir parselde 3 adet zeytin ağacı bulunmakta, her bir parseldeki toprak nemi ölçümleri 6x6 metrelik alanda 1 ağaç üzerinde yürütülmüştür. Sistem içerisinde her konu için bir vana konulmuş ve konu sulamaları bu vanalardan kontrol edilmiştir.

Konular

S1-Susuz, S2- 7 günde bir sulanan konu, S3- 14 günde bir sulanan konu, S4- 21 günde bir sulanan konu, S5-28 günde bir sulanan konu, S6- 35 günde bir sulanan konu

Sulama suyu ve bitki su tüketiminin hesaplanması

Zeytin ağaçları, ilkbaharda bitki kök bölgesindeki elverişli kapasite %60'a düştüğünde tüm ağaçlara ilk su eşit olarak verilmiştir. Hasattan 3 hafta öncesine kadar sulama işlemine devam edilmiştir. Sulamalardan önce toprak nem düzeyi saptanarak 120 cm derinliğindeki toprak nemi 0-30 cm., 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-120 cm toprak örnekleri alınarak 0-90 cm toprak katmanındaki nem düzeyi tarla kapasitesine getirilmiştir. Sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$I = Q_{fc} - Q_c$, Q_c = Sulamadan önceki mevcut nem (mm), Q_{fc} = Tarla kapasitesi (mm)

Parsellere uygulanacak sulama suyu deneme yerinde su sayacı ile ölçülmüştür.

Toprak nem ölçümleri ve bitki su tüketiminin belirlenmesi

Topraktaki nem içerikleri 0-120 cm toprak katmanı dikkate alınarak her 30 cm' lik katmanlardan alınacak örneklerde gravimetrik olarak saptanmıştır.

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında su bütçesi eşitliği kullanılmıştır (James, 1988)

$$E_t = I + P + Cr \pm Dr - R_f \pm \Delta m$$

Eşitlikte;

$$E_t = \text{Bitki su tüketimi (mm)}$$

$$I = \text{Sulama suyu (mm)}$$

$$P = \text{Yağış (mm)}$$

$$Cr = \text{Kapillar (Kılcal) yükselme (mm)}$$

$$Dr = \text{Derine sızma kaybı (mm)}$$

$$R_f = \text{Yüzey akış kaybı (mm)}$$

$$\Delta m = \text{Profildeki nem değişimi (mm)}$$

Cr değeri= Kapilar beslenmenin olma ihtimali azdır. Bu nedenle K değeri "0" kabul edilmiştir.

Dr değeri= Parsellere mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu uygulandığından derine sızma yok ("0") kabul edilmiştir.

R_f değeri= Yüzey akışı olmamıştır. Bu nedenle R değeri de "0" kabul edilmiştir.

Toprakta yapılan gözlem, ölçme ve analizler

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm derinliklerde bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların hacim ağırlıklarının saptanmasında; bozulmamış toprak örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla deneme alanında açılan profil çukurlarından yararlanılmıştır, Tarla kapasitesi ve solma noktası; basınçlı plaka aleti kullanılarak, toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttukları nem miktarının saptanması ile bulunmuştur.

- Toprak analizleri Tüzüner (1990)'da verilen esaslardan yararlanılarak,

- pH; cam elektrodlu Beckman pH metresi ile saturasyon çamurunda,

- EC; kondaktivite aletiyle saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği ölçülerek,

- Kireç (%) : Scheibler kalsimetresi ile toprağın 1/3'lük HCl ile muamele edilmesi sonucu oluşan CO_2 'in hacmi ölçülerek,

- Toprak bünyesi; Hidrometre Yöntemi ile;

-Organik madde, Walkley Black Yöntemine göre;

- Yarayışlı fosfor, Olsen metoduyla kolorimetrik olarak;

- Yarayışlı potasyum, amonyum asetat çözeltisinden geçen potasyum miktarı fleymfotometrede okunarak,

- Sulamada kullanılan suyun, sulamaya uygunluk yönünden sınıfını belirlemek için Tüzüner (1990)'da verilen analiz yöntemleri ve sınıflandırma diyagramları kullanılmıştır,

Çizelge 1. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri
Table 1. Some physical properties of soil

Derinlik (cm)	Bünye			Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	% Pw	
	kum (%)	kil (%)	Silt (%)			TK	SN
0 - 30	34	48	18	C	1.32	32.06	20.04
30 - 60	28	56	16	C	1.30	35.86	23.19
60 - 90	28	56	16	C	1.33	36.82	23.73
90 - 120	28	50	22	C	1.33	33.13	20.57

Çizelge 2. Deneme yeri topraklarının bazı kimyasal özellikleri
Table 2. Some chemical properties of soil

Derinlik (cm)	Su ile doymuş toprakta		E.C (dS/m)	Kireç CaCO ₃ (%)	Bitkilere yarayışlı (Kg/da)		Org. madde (%)*
	pH				Fosfor (P ₂ O ₅)*	Potas (K ₂ O)*	
0 - 30	7.58	0.84	26.6	2.54	110.10	1.48	
30 - 60	7.18	0.58	27.3	2.13	127.40	2.41	
60-90	7.53	0.78	27.3				
90-120	7.47	0.52	30.0				

* = verimlilik analizleri 0-20,20-40 cm'de yapılmıştır.

Çizelge 1' in incelenmesinden görüleceği üzere araştırmamızın yürütüldüğü topraklar; killi bünyeye sahip, hafif alkali, tuzsuz ve çok fazla kireçlidir. Çizelge 2'nin incelenmesinden görüleceği üzere ise orta derecede fosfor içeren, potasyumu yüksek, organik maddece fakirdir.

Yapılan tarımsal işlemler

Dikim

Proje Şanlıurfa İl Özel İdaresine bağlı Şehit Nusret Bey fidanlığında 2002 yılında Gemlik çeşidiyle tesis edilen zeytin bahçesinde yürütülmüş olup, 2008 yılı grup kararları doğrultusunda 2 yıl ön verim alındıktan sonra sulama konularına geçilmiştir.

Sulama

Sulama işlemine ilkbaharda elverişli nem %60'a düştüğü zaman başlanmıştır. İlk sulamadan itibaren tüm parsellerin 0-90 cm. toprak derinliğindeki eksik nemi tarla kapasitesine çıkarıldıktan sonra konulu su uygulamalarına başlanmıştır. Sulama programı; 0-35 gün aralığında tüm sulamalarda toprak profilinin 90 cm derinliğindeki eksik nem tarla kapasitesine çıkarılarak parsel alanı ve 0.40 örtü yüzdesi ile düzeltildikten sonra litre olarak su sayacı denetiminde uygulanmıştır. Topraktaki mevcut nem düzeyi 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak katmanlarından toprak örnekleri alınarak, gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

Denemede mini sprink yağmurlama sistemi kullanılmıştır. Yapılan infiltrasyon testi sonucuna göre başlık debisi 200 lt/h, ıslatma çapı 6 m seçilmiştir.

Gübreleme

Azotlu gübre olarak Amonyum Sülfat (%21N), potasyumlu gübre olarak Potasyum Sülfat (%50 K₂O) ve %42' lik fosfor içeren süper fosfat gübrelere verilmiştir. Ağaç başına 0.9 kg N gelecek şekilde verilen azotlu gübrenin 1/3' ü sonbaharda, 2/3' ü de şubat-mart ayları içerisinde verilmiştir. Ayrıca %42' lik fosfor içeren süper fosfattan 0.4 kg P, potasyum sülfattan da yine ağaç başına 0.4 kg K olacak şekilde sonbaharda verilmiştir.

Tarımsal mücadele ve bakım

Sulamalar başladıktan sonra yabancı otlar bellenerak alınmıştır. Deneme suresince ağaçlar budanmış ve budamalardan sonra soğuktan ve hastalıktan etkilenmemeleri için %2'lik bordo bulamacı uygulanmıştır.

Hasat

Zeytin meyveleri yeterli olgunluk ve renge ulaştığında hasat edilmiştir. S2 konusu (7 günde bir sulama) erken olgunlaştığından 6.11.2012, 6.11.2013, 01.11.2014 ve 05.11.2015 tarihlerinde hasat edilerek ağaç başına verimler tartılarak kaydedilmiştir. Ön verim alınan yıllarda olgunlaşma geç olmuştur. Sulama konularının uygulandığı yıllarda olgunlaşma erken olmuştur.

Araştırmada yıllara göre fenolojik gözlem ve bazı tarımsal işlemlerle ilgili tarihler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma yıllarında yapılan bazı işlem ve gözlem tarihleri

Table 3. Dates of some operations and observations made during the research

Gözlemler	Yıllar						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Çiçeklenme başlangıç tarihi	01.05.	29.04.	03.05.	24.04.	20.04.	19.04.	21.04.
Meyve tutumu	05.06.	30.05.	10.06.	19.05.	14.05.	13.05.	20.05.
Yeşil olum dönemi tarihi	12.08.	12.08.	18.08.	13.08.	03.08.	05.08.	10.08.
Siyah olum dönemi tarihi	19.10.	19.10.	19.10.	15.10.	05.10.	01.10.	05.10.
Hasat tarihi	26.11.	26.11.	30.11.	15.11.	18.11.	10.11.	10.11.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama suyu miktarı ve su tüketimi

Denemenin yürütüldüğü yıllarda konulara verilen sulama suyu miktarları Çizelge 4’de ve su tüketimi değerleri de Çizelge 5’ de verilmiştir.

Deneme konularının sulama aralıkları farklı olduğundan, sulama sayıları da farklı olmuştur. Sulama sayısı olarak 2014 yılında S2 konusuna 32 sulama uygulanmıştır. Sulama konularına 2014 yılında yağış az olduğundan erken başlanılmıştır. Yıl ortalamalarına göre uygulanan sulama suyu

Çizelge 4. Konulara uygulanan yıllık toplam sulama sayısı ve sulama suyu miktarları, (mm)

Table 4. Total number of irrigation per year and amounts of irrigation water, (mm)

	Yıllar	Konular					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Sulama sayısı	2012	-	25	13	9	7	5
	2013	-	29	15	10	8	6
	2014	-	32	16	11	8	7
	2015	-	27	13	9	7	6
	Ort		28	14	10	8	6
Sulama suyu	2012	-	1207	885	704	539	427
	2013	-	1309	1008	765	626	514
	2014	-	1553	1086	813	609	569
	2015	-	1404	881	712	558	472
	Ort		1368	965	749	583	496

Çizelge 5. Konuların mevsimlik su tüketimleri, (mm)

Table 5. Seasonal water consumption of subjects, (mm)

	Yıllar	Konular					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Su tüketimi	2012	218	1291	921	732	551	450
	2013	234	1509	1064	813	652	641
	2014	346	1624	1186	946	698	672
	2015	294	1472	951	846	700	579
	Ort	273	1474	1031	834	650	586

1368- 496 mm arasında değişmiştir. Sulama sayısı ortalamaları S2 konusunda 28, S6 konusunda 6 olmuştur. Konuların ortalama su tüketim değerleri en düşük sulanmayan konuda 273 mm olurken en yüksek 7 günde bir sulanan konuda 1474 mm olmuştur.

Yıllara göre elde edilen verimlerin toplu analizinin yapılıp yapılamayacağı Khi-kare (Hesaplanan $X^2 = 14.22$, $SD=3$ den tablo X^2 değerleri %5 için 7.81 ve %1 için 11.34) homojenlik testine göre kontrol edilmiştir. Yıllara göre hata varyanslarının homojen olmadığı görülmüştür. Bunun sonucu olarak yıl yıl değerlendirilmiştir. Verimler 2012 yılında 686-880 kg/da, 2013 yılında 781- 1078 kg/da, 2014 yılında 477- 991 kg/da, 2015 yılında 725-1855 kg/da arasında değişmiştir (Çizelge 6). Dört yılın ortalama verimleri 667-1198 kg/da arasında değişmiştir. S1 konusu 667 kg/da en düşük, S4 konusu 1198 kg/da en yüksek verim vermiştir. Her 4 yılda S4 (21 gün) konusu en yüksek verimle birinci grupta yer almıştır.

Faci vd. (2002), Romero vd. (2002), Andria ve Morelli (2002) çalışmalarında sulamayla meyve veriminin arttığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamız ile de paralellik göstermektedir.

Çizelge 6. Deneme yıllarında konuların ortalama verimleri, (kg/da)

Table 6. Average yields of the subjects by years, (kg/da)

	Yıllar	Konular					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Verim Kg/da	2012	686	748	714	880	814	777
	2013	781b	1078a	1073a	1065a	987a	951a
	2014	477c	707b	739b	991a	800b	708b
	2015	725e	1434b	1388bc	1855a	1307c	875d
	Ort	667	992	979	1198	977	828

SONUÇLAR

Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Gemlik Zeytin (*Olea aeuropea*) çeşidinde sulamanın periyodisite ve yağ kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve araştırma bölgesinde uygulanabilir sulama programlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Araştırma Şanlıurfa İl Özel İdaresine bağlı Şehit Nusret Bey fidanlığında 2002 yılında Gemlik çeşidiyle tesis edilen zeytin bahçesinde yürütülmüş olup, 2 yıl (2010-2011) ön verim alındıktan sonra sulama konularına geçilmiştir. 2012-2015 yılları arasında sulama konuları uygulanmıştır. Deneme konuları; S1: susuz, S2:7 gün, S3:14 gün, S4:21 gün, S5:28 gün ve S6: 35 gün aralıklarını içeren sulama konularından oluşmaktadır.

Yapılan istatistiki analizlerde 2012 yılı haricinde diğer yıllarda konular arasında fark çıkmıştır. 2012 yılında verim 686-880 kg/da, 2013 yılında verim 781- 1078 kg/da, 2014 yılında verim 477- 991 kg/da, 2015 yılında 725-1855 kg/da arasında değişmiştir. 4 yılın ortalama verimleri 667-1198 kg/da arasında değişmiştir. S1 konusu 667 kg/da en düşük, S4 konusu 1198 kg/da en yüksek verim vermiştir. Her 4 yılda S4 (21 gün) konusu en yüksek verimle birinci grupta yer almıştır. S4 konusunda ortalama sulama suyu 749 mm, su tüketimi 834 mm olmuştur.

Araştırmadan elde edilen veriler değerlendirildiğinde Şanlıurfa koşullarında zeytin yetiştiriciliğinde; zeytin hep yeşil bir bitki olduğundan, bütün yıl boyunca su tüketir. Yüksek verim için 600-800 mm lik yağışa ihtiyaç vardır. Zeytinin su gereksinimine en çok duyduğu zaman yaz aylarıdır. Yüksek verim için, bitkinin çekirdek sertleşmesi aşamasından başlayarak meyve oluşumu aşamasının sonuna kadar olan periyot içinde suya gereksinim vardır. Yani zeytinin suya

en duyarlı olduğu zaman çiçeklenme ve çekirdek sertleşmesi aşamalarıdır. Nitekim yapılan çalışmalar bunları desteklemektedir. Zeytinin aktif gelişme periyodu boyunca uygulanan yeterli bir sulama programı periyodisiteyi azaltma eğilimindedir. Sulama suyunun kıt olduğu koşullarda, daha küçük bir ekim alanının su gereksinimini en üst düzeyde karşılamak yerine, kısıtlı su uygulamasına gidilerek su kaynağını daha geniş bir alandaki bitkilerin sulanmasına yönlendirmek ve böylece toplam üretimi artırmak tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2010). www.gemlikzeytini.net.
- Anonim (2016). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. mgm.gov.tr.
- Andria R, Morelli G (2002). Irrigation Regime Affects Yield And Oil Quality Of Olive Trees. Iv International Symposium On Olive Growing (30 October 2002). Ed. C. Vitagliano, G.P. Martelli. Acta Hort. 586, Italy. Vol. 2.
- Diñç U, Şenol S, Sayın M, Kapur S, Güzel N, Derici R, Yeşilsoy MŞ, Yeğingil İ, Sarı M, Kaya Z, Aydın M, Kettaş F, Berkman A, Çolak A K Yılmaz, K, Tunçgöğüs B, Çavuşgil V, Özbek H, Gülüt KY, Karaman C, Diñç O, Öztürk N, Kara EE (1988). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (Gat). I. Harran Ovası.
- Faci JM, Berenguer MJ, Espada JL, And Gracia S (2002). Effect Of Variable Water Irrigation Supply In Olive (*Olea Europaea* L.) Cv. Arbequina In Aragon (Spain). Extra Virgin Oil Quality Parameters. Iv International Symposium On Olive Growing (30 October 2002). Ed. C.Vitagliano, G.P Martelli. Acta Hort. 586, Italy. Vol. 2.
- Romero MP, Tovar MJ, Motilva MJ, Luna M, Girona J (2002). Effect Of Irrigation Strategies Applied On Olive Tree (*Olea Europaea* L.) On Oil Pigment Content And Colour. Iv International Symposium On Olive Growing (30 October 2002). Ed. C. Vitagliano, G.P. Martelli. Acta Hort. 586, Italy. Vol. 2.
- Tüzüner A (1990). Toprak Ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Sera Koşullarında Farklı Tuzluluk Düzeyindeki Sulama Sularının Domates Bitkisinin Kök Gelişimi Üzerine Etkisi

Selçuk ÖZER^{1,*} Ozan ÖZTÜRK¹ Ülviye ÇEBİ¹ Süreyya ALTINTAŞ³ Engin YURTSEVEN² ¹Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Kırklareli²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara³Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): selcuk.ozer@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 25.04.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655577

Öz

Bu çalışma, Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü uygulama alanında mevcut plastik serada, farklı tuzluluk düzeyindeki sulama sularının domates bitkisinin kök gelişimine etkisini izlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada iki farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu (T1: 0.38 dS m⁻¹ ve T2: 5.0 dS m⁻¹) kullanılmış ve domates bitkisinin kök gelişimi dört farklı derinlikte (0-25, 25-40, 40-55, 55-70, 70-90 cm) minirhizotron kamera yardımıyla izlenmiştir. Elde edilen kök görüntüleri RootSnap programı yardımıyla analiz edilerek 5 farklı derinlikteki kök miktarları yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; T2 sulama suyu ile sulanan domates bitkisinin kök gelişimi, tuz miktarının yoğunlaştığı 0-25, 25-40 cm'lik toprak katmanında olumsuz olarak etkilenmiş ve buna bağlı olarak kök yüzdesi düşük olmuştur. Kullanılan sulama yöntemi kaynaklı olarak alt katlarda (40-55, 55-70, 70-90 cm) tuz birikimi daha düşük seviyelerde olduğundan, kök yüzdesinin arttığı gözlenmiştir. T1 sulama suyu ile sulanan konunun farklı katmanlardaki tuz miktarları kök gelişimini ve su alımını olumsuz yönde etkilemeyecek düzeylerde olduğundan, kök yüzdesi tüm katmanlarda birbirine yakın oranda belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, kök izleme, minirhizotron, toprak tuzluluğu

The Effect of Irrigation Water of Different Salinity Level on Root Development of Tomato Plant in Greenhouses Conditions

Abstract

The aim of this study is to observe the effect of irrigation water of different salinity level on root development of tomato plant and carried out Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute's Greenhouses. Irrigation water (T1: 0.38 dS m⁻¹ - T2: 5,0.dS m⁻¹) with two different amounts of salt was used in the study and the root development of the tomato plant was examined at four different depths (0-25, 25-40, 40-55, 55-70, 70-90 cm) were monitored with the aid of a minirhizotron camera. The obtained root images are analyzed with the help of the RootSnap program to calculate the root quantities in 5 different depths as a percentage.

As a result of the research, the root growth of tomato plant with T2 irrigation water was adversely affected by salt accumulation in the soil with high salt content (0-25, 25-40 cm) and accordingly root percentage was low. In the low-salt lower layers (40-55, 55-70, 70-90 cm), the percentage of root was increased because the salt accumulated in the soil was low. In T1 irrigation water, the percentages

of roots were obtained in close proximity in each layers, since that would not affect root development and water uptake negatively.

Keywords: minirhizotron, root monitoring, soil salinity, tomato

GİRİŞ

Toprakta tuz birikimine sulama suyu niteliğinin etkisi büyüktür. Ancak tuzlanmaya kontrolsüz sulama ile uygulanan fazla su ve uygulama biçimi de etkili olmaktadır. Bunlarla birlikte hangi koşulda olursa olsun tuz birikimine bağlı olarak üretim kayıplarının meydana geleceği bir gerçektir. Bu nedenle kayıpların azaltılması için bitki büyüme dönemi, sulama yönetimi, sulama aralığı ve çevre koşulları gibi birçok etmenin bitkisel verim üzerine etkili olduğu göz önüne alınarak kültür bitkilerinin tuz stresi altındaki su kullanım özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bütün kültür bitkileri belli düzeydeki tuzluluğa karşı duyarlıdır. Tuzluluğun artması ile belli bir noktadan sonra verimde sürekli bir azalma söz konusudur. Özellikle sebzelerde düşük kaliteli suların kullanılması durumunda bitki özellikleri, verim ve kalitede oluşabilecek değişimlerin ve tarım alanlarında ortaya çıkan tuzluluk sorununun belirlenmesi oldukça önemlidir.

Sert ve tropikal iklim olmak üzere geniş bir iklim kuşağında yetişen domates toprak istekleri bakımından da seçici bir bitki değildir. Ancak toprak tuzluluğuna karşı orta hassasiyet gösterir ve toprak çözeltisinin EC'si 2.5 dS m⁻¹'i geçtiği zaman domateste meyve verimi düşmeye başlar (Tülücü, 2003). Bunun yanında bitki genetiği ve fizyolojisi bakımından çok fazla bilgi olmasından dolayı domates bitkisi tuzlu alanlarda ve kötü kaliteli sulama sularının kullanımında model bitki olarak kullanılabilir (Cuartero ve Fernandez-Munoz 1999).

Yurtseven vd. (2005) saksıda yetiştirdikleri domates bitkisine 4 farklı tuz düzeyine sahip sulama suyu uygulamışlardır (0.25, 2.5, 5 ve 10 dS m⁻¹). Araştırma sonucunda, sulama suyundaki tuzluluğun artması ile verimde düşmelere neden olduğunu bildirmişlerdir. Aynı doğrultuda Reina vd. (2005) sulama suyundaki tuzluluğun artması ile verimde düşmeler olduğunu bildirmiştir. Resticcia vd. (2002) yaptıkları çalışmada, domates sulamasında tuzlu su kullanılması durumunda bitki gelişiminin bozulmaması (verim ve kök yapısının) için sulama suyuna ek olarak yıkama suyu uygulaması yapılmasını önermişlerdir.

Kanada'da yapılan bir çalışmada buğday bitkisinde topraktaki nem miktarının artması ile bitkilerin köklerinin uzunluklarının arttığı ve köklerin daha derine indiğini gözlemişlerdir (Entz vd., 1992). Deveciler (2011) mısır sulamasında çizgi kaynaklı yağmurlama sulama sistemini kullanmışlar ve minirhizotron tekniği ile tespit edilen kök uzunluklarının, uygulanan sulama suyu ile doğru orantılı olarak arttığını gözlemişlerdir.

Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri; bitkinin çeşidine, uygulanan tuz çeşidi ile miktarına, uygulanan sulama suyunun kalitesine ve maruz kalma sıklığına bağlı olarak değişmektedir. Tuz stresi, hücre bölünmesini ve uzamasını etkileyerek, bitkilerin kök miktarı tuzlu olan toprak katmanlarında azalmakta ve verimde düşmelere neden olmaktadır (Bursens, 2000).

Klepper ve Taylor (1979) yaptıkları çalışmada, bitkide suyun alınmasında ve taşınmasında kök yüzey alanının önemli bir parametre olduğunu ve diğer önemli parametrelerin ise kök uzunluğu ve kök yoğunluğu olduğunu belirtmişlerdir. Zobel (1975), stres koşulları altında yetiştirilen domates bitkisinin, kontrol bitkilerine göre daha fazla yanal besleyici kök geliştirdiğini bildirmiştir. Papadopoulos ve Rendig (1983)'e göre ise yüksek tuz konsantrasyonlarında domates bitkisi kök gelişimi daha az olurken, tuz konsantrasyonunun azalmasıyla kök yoğunluğu ve su alımı artmıştır. Bitki kökünün bulunduğu katmanlardaki tuzluluk kökün büyümesini kısıtlar. Bunun yanında tuza karşı çok hassas olan köklerde ölü kök uzunluğu artmaktadır (Snapp ve Shennan, 1992). Toprak katmanlarındaki tuzun kök bölgesindeki dağılımı zamana ve yere bağlı olarak değişmektedir. Bitki kök bölgesinin üst kısımlarından alt kısımlarına oranla daha fazla su alımı yapmaktadır, dolayısıyla kök bölgesinin üst kısmındaki tuzluluk verimde daha etkili olmaktadır (Öztürk, 1994). Yaylalı (2007) domates bitkisi sulamasında kullanılan sulama suyundaki tuzluluk artışı ile bitki boylarında azalmalar meydana geldiğini fakat kök uzunluklarının arttığını bildirmiştir.

Geleneksel olarak, köklere erişmek için kaplama, kanal açma ve kazı gibi yıkıcı teknikler kullanılmıştır. Daha yakın zamanda, rizosfer içindeki köklerin

doğrudan ve tekrarlı gözlemlerine izin vermek için rizotronlar ve minirhizotronlar gibi tahribatsız teknikler geliştirilmiştir (Rewald ve Ephrath, 2013). Minirhizotron tekniği, köklerin yayıldığı ortam boyunca, yerleştirilen şeffaf bir tüp aracılığıyla kökleri yerinde gözleme ve kaydetmeye dayanır (Polomski ve Kuhn, 2002). Bu teknikte, aynı kök parçacıkları doğrudan ve tekrarlanabilen ölçümlerle gözlenebilir. Genellikle minirhizotron gözlem tüpleri toprağa dikey (90°) veya açılı olarak monte edilir. Açılı gözlem tüpleri çoğunlukla 30° veya 45°'de monte edilir, ancak farklı açılarda yaygındır (Johnson vd., 2001). Elde edilen görüntüler görüntü analiz için geliştirilen yazılımlar sayesinde analiz edilebilmektedir (Lobet ve Périlleux, 2013; Lobet, 2017).

Son yıllarda tarım arazileri ile birlikte yer altı ve yerüstü potansiyel su kaynaklarının sınırlı olduğu dikkate alındığında mevcut kaynakların verimli kullanılmasının yanında alternatif kaynakların değerlendirilmesi özellikle su kısıdının yaşandığı bölgelerde oldukça önemlidir. Düşük kaliteli olarak nitelendirilen bu sularla yapılan sulamalar sonucunda içerisinde barındırdıkları fazla miktarda tuzlar toprakta bitki kök bölgesinde birikmekte ve zamanla toprak tuzlu hale gelerek bitki kök gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışma, 2016 yılında, Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü uygulama alanında yer alan plastik serada farklı tuzluluk düzeyindeki sulama sularının domates bitkisinin farklı toprak katmalarındaki kök gelişimine etkisini izlemek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma yeri

Araştırma Marmara Bölgesinin kuzey kısmında yer alan Kırklareli İlinin 4 km batısında bulunan Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazisinde kurulu olan 608 m²'lik alana sahip (76m x 8m), kuzey-güney doğrultusunda konumlandırılan yay çatılı plastik örtülü serada yürütülmüştür. Sera toprağının tekstür sınıfı; 0-30 ve 60-90 cm'lik katmanları tın, 30-60 cm'lik katmanı kumlu tın'dır.

Araştırmada bitki materyali olarak "Swanson F1" domates çeşidi kullanılmıştır.

Araştırma konuları

Sulama suyu tuzlulukları: T_1 : EC_w : 0.38 dS m⁻¹ ve T_2 : EC_w : 5.0 dS m⁻¹

Sulama suyu miktarı (mm): Profildeki mevcut nem düzeyi, tarla kapasitesine gelecek şekilde haftada iki kez sulama suyu uygulanmıştır.

Sulama Sistemi: damla sulama denetim birimi, gübre tankı, kum-çakıl filtresi, manometre, vana ve su sayacı ünitelerinden oluşturulmuştur, iletim biriminde ise, ana boru, yan borular, lateraller ve damlatıcılar mevcuttur. Çalışmada sulama suyu olarak T_1 konulu su Kırklareli Barajından temin edilmiştir. T_2 konulu sulama suyu, SAR değeri 1'den küçük tutularak 5 tonluk su tankında belli oranlarda $MgSO_4$, NaCl ve CaCl tuzları karıştırılarak elde edilmiştir (5 dS m⁻¹).

Topraktaki tuz konsantrasyonu (0-25, 25-40, 40-55, 55-70, 70-90 cm), saturasyon ekstaktında elektrod yöntemiyle, Sağlam(1994)'e göre belirlenmiştir.

Minirhizotron tekniği ve kök görüntüleme cihazı

Araştırmada, domates bitkisinin farklı kalitedeki sulama sularında kök sisteminin gelişimi kök görüntüleme cihazı ile izlenmiştir.

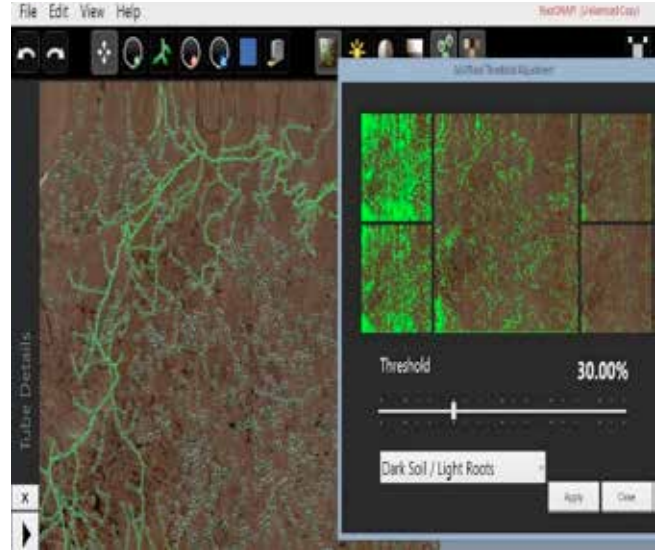
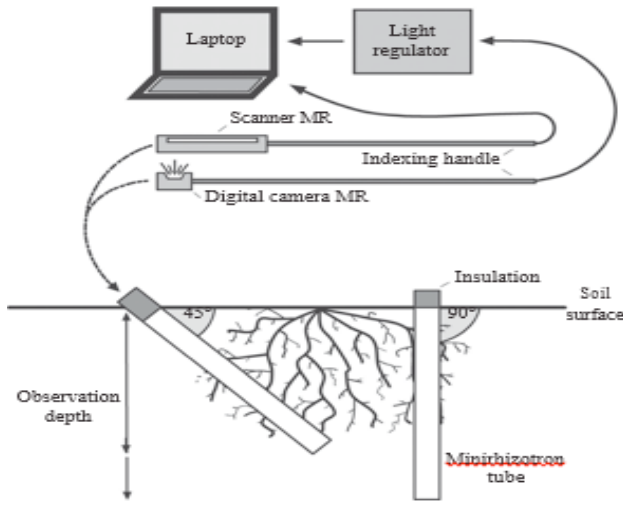
Minirhizotron tekniğinin esası: köklerin yayıldığı ortam boyunca, yerleştirilen şeffaf bir tüp aracılığıyla kökleri yerinde gözleme ve kaydetmeye dayanır (Polomski ve Kuhn 2002). Bu teknikte, aynı kök parçacıkları doğrudan ve tekrarlanabilen ölçümlerle gözlenebilir. Minirhizotronlar genellikle tek yıllık zirai kültür bitkilerinin ve laboratuvar ortamında yetiştirilen bitkilerin kök gözlemlerinde kullanılmaktadır (Box, 1996; Smit vd., 2000).

Bitkilerinin kök sistemlerinin görüntülenmesinde CI-600 model In-Situ kök görüntüleme cihazı kullanılmıştır. Cihaz 6.4 cm çapında ve 34.3 cm uzunluğunda dairesel olarak çalışan bir tarayıcıdır. Kök tarayıcısının kullanılabilmesi için bitki kök bölgesine 6.4 cm iç çaplı ve 170 cm uzunluğunda şeffaf pleksiglass kök görüntüleme tüpleri toprağa 45 derece açıyla yerleştirilmiştir. Şekil 1'de görülen kök izleme kamerasının boyu 35 cm ve bundan sonraki her derinlik ölçümü için 21 cm çubuklar kullanılmıştır. Şekil 1 ve Şekil 2'de kök görüntüleme cihazı, pleksiglass tüplerin toprağa konumlandırılmasına ve analiz programına ait görüntüler bulunmaktadır.

Domates bitkisinin kök gelişimi dört farklı derinlikte (0-25, 25-40, 40-55, 55-70, 70-90 cm) minirhizotron kamera yardımıyla izlenmiştir. Elde edilen kök görüntüleri RootSnap programı yardımıyla analiz edilerek 5 farklı derinlikteki kök miktarları yüzdesel olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Kök görüntüleme cihazı ve toprağa konumlandırılması
Figure 1. Root imaging device and location to the soil



Şekil 2. Kök görüntüleme sistemi ve analiz programı
Figure 2. Root imaging system and analysis program

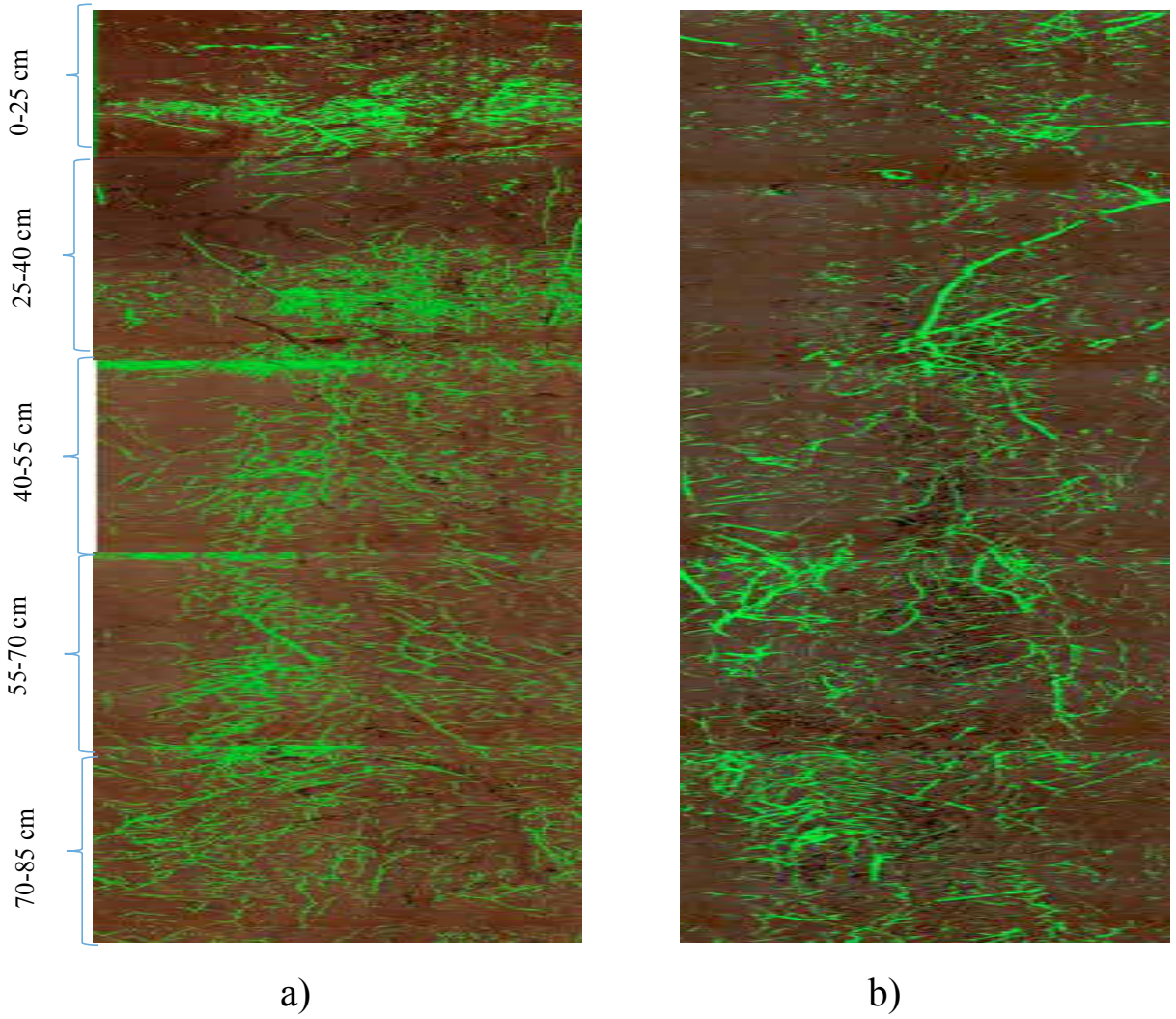
BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 1'de kök görüntülerinin alındığı toprak katmanlarındaki toprak tuzluluğu ve kök yüzdeleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 3'de T1 ve T2 konularından elde edilen kök görüntüleri verilmiştir. Çizelge 1'de yer alan verilere göre;

yüksek tuz konsantrasyon içerikli T2 sulama suyu, toprak profilinin 0-25 ile 25-40 cm'lik katmanında alt katlara oranla daha fazla tuz birikmesine neden olmuştur. Söz konusu derinliklerdeki tuz birikimi kök gelişimini de olumsuz etkilemiş

Çizelge 1. T1 ve T2 konularına ait hesaplanan kök yüzdeleri (%) ve toprak katmanlarındaki tuzluluk değerleri ($dS m^{-1}$)
Table 1. Analysis of Variance for Grain Nitrogen, Zinc and Iron Concentrations and Grain Yield Values

Derinlik (cm)	Konular			
	T1		T2	
	Toprak Tuzluluğu ($dS m^{-1}$)	Hesaplanan kök yüzdesi (%)	Toprak Tuzluluğu ($dS m^{-1}$)	Hesaplanan kök yüzdesi (%)
70-85	0.47	6.88	1.14	6.53
55-70	0.47	8.57	1.14	10.92
40-55	0.37	8.63	2.30	11.13
25-40	0.36	5.64	3.90	8.26
0-25	0.38	5.41	3.21	7.51



Şekil 3. T1S (a) ve T2S (b) konularında elde edilen kök görüntüleri
Figure 3. Root images obtained from T1S (a) and T2S (b) subjects

ve belirlenen kök yüzdeleri düşük olmuştur. Tuz birikimi alt katmanlarda daha düşük olmuş (40-55, 55-70, 70-90 cm) ve kök gelişimi üst katmanlardaki kadar sınırlanmamıştır. T2 konusunda 0-25, 25-40 cm derinliklerinde tuzluluk miktarlarının yüksek olması (3.21 ve 3.90 $dS\ m^{-1}$) ve kök yüzdesinin T1 konusuna göre bir miktar yüksek olması, Snapp ve Shennan (1992)'de açıklanan tuz stresine bağlı olarak ölü kök yüzdesinin artması ile açıklanabilir. T1 sulama suyunda (0.39 $dS\ m^{-1}$) ise farklı katmanlardaki tuz miktarları kök gelişimini ve su alımını olumsuz yönde etkilemeyecek düzeylerde olduğundan, kök yüzdesi tüm katmanlarda birbirine yakın oranda elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlarla paralel olarak, Papadopoulos ve Rendig (1983) yaptıkları araştırmada tuz konsantrasyonunun yüksek olduğu toprak

katmanlarında kök gelişiminin sınırlandığını ve tuz konsantrasyonunun azalması ile kök yoğunluğunun arttığını ve su alımının kolaylaştığını bildirmişlerdir. Snapp ve Shennan (1992), bitki kökünün bulunduğu katmanlardaki yüksek tuzluluk kök gelişimini kısıtladığını vurgulamışlardır. Rhodes, (1992)'ye göre de tuz stresi koşullarının artması durumunda bitki gelişimi ve kök gelişimi yavaşlamaktadır.

Çizelge 2'den izleneceği gibi düşük kaliteli sulama suyu ile sulanan domates bitkisinin veriminde azalmalar meydana gelmiştir. Bunun nedeninin düşük kaliteli sular ile sulanan toprakta tuz birikiminin artması ve domates bitkisinin su alımının kısıtlanması olarak gösterilebilir. Benzer şekilde bir çok araştırmacı toprakta artan tuz miktarının kök gelişimini engellediğini ve toprak neminin azalması ile kök uzunluklarının arttığını

bildirmektedir (Papadopoulos ve Rendig 1983, Öztürk 1994, Maggio ve ark. 2007, Yaylalı 2007).

Çizelge 2. T1 ve T2 konularından elde edilen verimler
Table 2. Yields obtained from T1 and T2 subjects

Ortalama Pazarlanabilir Verim (kg da ⁻¹) (%)	T1S	T2S	Oransal verim azalması
	10943	7654	30

SONUÇLAR

Sonuç olarak; domates bitkisinin kökleri tuz miktarı yüksek katmanlarda (0-25, 25-40 cm) gerekli olan sulama suyunu alamadığı için gelişimini yavaşlattığı, tuz miktarı daha düşük olan alt katmanlara doğru uzadığını göstermiştir. Kalitesi düşük T2 sulama suyu ile sulanan bitkilerden verim alınmaya devam edilmesi bunu desteklemektedir.

T1 sulama suyu ile sulanan domates bitkisi toprakta biriken yüksek tuz konsantrasyonuna maruz kalmadığı için normal kök gelişimini tüm katmanlarda devam ettirmiştir.

Özellikle kalitesi düşük sulama suları ile sulama yapılması zorunlu olan yerlerde domates yetiştiriciliği yapılacaksa, iyi bir bitki gelişimi, kök gelişimi ve yüksek verim sağlanması için yetiştirme mevsimi sonunda yıkama yapılması önerilmelidir. Ya da sulama suyuna ek bir yıkama suyu da eklenerek sulama yapılması toprakta tuzluluğun azaltılmasına ve iyi bir kök gelişiminin elde edilmesine yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde 2014-2017 yılları arasında yürütülen ve TAGEM tarafından desteklenen "Farklı Tuzluluk Düzeyindeki Sulama Sularının Serada Yetiştirilen Domates ve Brokkoli'nin Verim-Kalite Parametreleri ve Toprak Profili Tuzluluğuna Etkisi" isimli araştırma projesi sonuç raporunun bazı verilerinden hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Burssens S, Himanen K, Van de Cotte B, Beeckman T, Van Montagu M, Inzé D, Verbruggen N (2000). Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alterations in response to salt stress in *Arabidopsis thaliana*. *Planta*, 211(5): 632-640.

Box JE Jr (1996). Modern Methods of Root Investigations (2nd ed.). In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U, eds. *Plant Roots: The Hidden Half*. New York; Marcel Dekker, pp: 193-237.

Cuartero J, Fernandez-Munoz R (1999). Tomato and salinity. *Scientia Horticulture*, 78: 83-125.

Deveciler M (2011). Farklı yağmurlama sulama düzeylerinin mısır kök gelişimi ve nitrat yıkanması üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı- 76s, Çanakkale.

Entz M H, Gross K G, Fowler D B (1992). Root growth and soil water extraction by winter and spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 72 (4): 1109-1120.

Johnson M G, Tingey D T, Phillips D L, Storm M J (2001). Advancing fine root research with minirhizotrons. *Environ Exp Bot* 45: 263-289.

Klepper B ve Taylor H M (1979). Limitations to current models describing water uptake by plant root systems. *The Soil-Root Interface / edited by Harley J.L., Russell R.S.* London ; New York : Published under the aegis of the New phytologist by Academic Press, p. 53-65.

Lobet G, Draye X, Périlleux C (2013). An online database for plant image analysis software tools. *Plant methods*, 9(1): 38.

Lobet G (2017). Image analysis in plant sciences: publish then perish. *Trends in Plant Science*, 22(7): 559-566.

Maggio A, Raimondi G, Martino A, De Pascale S (2007). Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. *Environmental and Experimental Botany*, 59(3): 276-282.

Öztürk A (1994). Taban suyu derinliği ve sulama suyu kalitesinin biber verimine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Papadopoulos I ve Rendig V V (1983). Tomato plant response to salinity. *Agron. J.* 75, 696-700.

Polomski J ve Kuhn N (2000). Kahlschlagbedingte Veraänderungen im Wurzelraum eines Buchenniederwaldes auf Rendzina. 10. Borkheider Seminar zur Oekophysiologiedes Wurzelraumes. Stuttgart, Germany: BG Teubner, pp 65-71.

Reina-Sanchez A, Romero-Aranda R, Cuartero J (2005). Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agricultural Water Management*, 78: 54-66.

Rewald B, Ephrath J E (2013). Minirhizotron techniques. *Plant roots: The hidden half*, 42, 1-15.

Sağlam M T (1994). Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ.

Smit A L, George E, Groenwold J (2000). Root observations and measurements at (transparent) interfaces with soil. In *Root methods* (pp. 235-271).

Snapp S S, ve Shennan C (1992). Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *New phytologist*, 121(1): 71-79.

Tülücü K (2003). Özel Bitkilerin Sulanması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Genel Yayın No: 254, Adana.

Yaylalı İ K (2007). Değişik tuz konsantrasyonuna sahip farklı sulama suyu uygulamalarının domateste verim ve kalite üzerine etkileri. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.


Yurtseven E, Kesmez G D, Ünlükara A (2005). The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon Esculentum*). *Agricultural Water Management*, 78:128-135.

Zobel R L (1975). The genetics of root development. The development and function of roots, 261-275.

Referans Evapotranspirasyonun Mekansal Değişiminin Belirlenmesinde Gediz Havzası Örneği

Yusuf Ersoy YILDIRIM¹ 

İsmail TAŞ^{2,*} 

Kadir Aytaç ÖZAYDIN³ 

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

^{2*}Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Çanakkale

³Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tas_ismail@yahoo.com

Geliş tarihi (Received):

Kabul tarihi (Accepted):

DOI: 10.21657/topraksu.655582

Öz

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), dünyadaki özellikleri ve olayları haritalamak ve analiz etmek için son derece yararlı ve kullanışlı bilgisayar tabanlı araçlardır. CBS teknolojisi, sorgulama, analiz etme, istatistiksel değerlendirme, ortakveri tabanı işlemlerini gerçekleştirerek coğrafi analizler ve haritalar yapma, çalışmalara görsellikler katmak gibi bir çok avantaja sahiptir. Klasik yöntemlerle Evapotranspirasyon haritalarının hazırlanması havzanın büyüklüğüne göre aylar hatta yıllar alabilmektedir. Ancak son yıllarda gelişen teknolojiye paralel olarak zaman ihtiyacı azalmış hatta dakikalar içinde söz konusu haritalar yapılabilir hale gelinmiştir. Jeostatistiksel metotlar büyük alanların kısa sürede haritalanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gediz havzasını kapsayan bu çalışmada, havzada bulunan uzun yıllık iklim verilerinde yararlanılarak Referans Evapotranspirasyon (ET_o) değerleri Standardize FAO Penman Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Hesaplama 6 tanesi havza içinde 8 tanesi de havza dışı komşu istasyon değerleri kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve yıllık toplam ET_o değerleri jeostatistik yöntemiyle haritalanmıştır. Jeostatistik haritaların üretilmesinde enterpolasyon yöntemi olarak cokriging, semivariogram olarak da spherical model kullanılmıştır. ET_o haritalarının hazırlanmasında söz konusu yöntem ve model güvenilir şekilde kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Gediz Havzası, jeostatistik, referans evapotranspirasyon

Determination of Spatial Variation of Reference Evapotranspiration Case Study of Gediz Basin

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) are computer based tools for mapping and analysing features and events on earth. GIS technology integrates common database operations such as query and statistical analysis with the unique visualisation and geographic analysis benefits offered by maps. Evapotranspiration mapping with classical methods may take months and even years based on the size of the area to be mapped. However, recently developed methods decreased the time consumed for such mapping practices to minutes. Geostatistical methods are the most commonly used methods for mapping over large areas in a short time. In present study, Reference Evapotranspiration (ET_o) values were calculated by Standardize FAO Penman Monteith method using long-term climate data in the

Gediz basin. The calculated ETo values were mapped for April, May, June, July, August, September and yearly total by using geostititic method. It was used 6 station in basin and 8 station out of basins for calculation. In the production of geostatistics maps, cokriging was used as interpolation method and spherical model was used for model of semivariogram. At the end of the study, it was determined that ETo maps could be produced with reliable method and model.

Key words: Gediz Basin, geostatistic, reference evapotranspiration

GİRİŞ

Dünyanın tamamında su kısıtlılığı en önemli sorunların başında yer almaktadır. Tüm faaliyetler suyun miktarı ve kalitesine bağlıdır. Temiz su kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması beraberinde su kaynağı olarak kullanılabilir kaynakların dikkatli bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesini de beraberinde getirmektedir.

Bitki su tüketim değerleri, gerek sulama projelerinin gerekse sulama programlarının hazırlanmasında, hayati öneme sahiptir. Bitki su tüketimi kolay ölçülen bir parametre değildir. Bunu belirleyebilmek için özel aletlerle doğru şekilde ölçülen çeşitli fiziksel parametreler yanında lizimetrelere ihtiyaç vardır. Lizimetre kullanımı, yoğun emek isteyen pahalı bir yöntem olmasının yanında ölçümlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi ve sistemin tam anlamıyla işletilebilmesi için işlemlerin konu uzmanı eğitilmiş araştırmacı personel tarafından gerçekleştirilmesi gereklidir. Sıradan ölçümler için uygun olmamasına karşın dolaylı metotlarla tahmin edilen su tüketimi değerlerini kıyaslanması için söz konusu yöntem önemini sürdürmektedir (Allen vd. 1998).

Bitkisel üretimde yüksek kalite ve verim için en önemli girdi sulama suyudur. Bitkinin gereksinim duyduğu suyun, ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda sağlanabilmesi ancak doğru verilerle tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen sistemlerde mümkündür. Sulama yapılarının planlama ve tasarım çalışmalarının en önemli bileşenlerinden bir tanesi de inşaatın gerçekleştirileceği bölgedeki üretilen ve üretilmesi planlanan bitkilerin su tüketim değerlerinin bilinmesidir. Tasarımda dikkate alınan bitki su tüketim değerlerinin doğruluğu, doğrudan planlanan sonuçlarını etkiler (Taş ve Kırnak, 2011).

Jeoistatistik, gelişen teknolojiye bağlı olarak çok daha az emek ve masrafın yanında çok daha kısa sürelerde incelenen parametrelerin kendi aralarındaki ve mekansal değişimlerdeki ilişkileri ortaya koyan tekniktir. Çok farklı bilim dallarında uygulama alanı bulan jeoistatistik ile araştırılan

değişkenin örnek alınmayan noktalardaki değerleri tahmin edilerek ve bu değişkene ait tahmin haritaları oluşturularak hazırlanan haritaların daha doğru ve güvenilir olmasını sağlamaktadır.

Sulama planlaması, sulama zamanının ve miktarının belirlenmesine yönelik farklı iş ve işlemleri içerir. Bu amaç için hesaplanan referans ETo, tahmini olarak bitki su gereksiniminde kullanılmaktadır. Bölgesel düzeyde evapotranspirasyonunun niceliksel olarak bilinmesi; yetiştirilecek ürün, verim, kalite, su kaynaklarının en uygun şekilde kullanımı, yönetimi ve çevresel değerlendirmeler gibi amaçlar için gereklidir. Önemli topoğrafik varyasyonları olan bölgelerde, yükseklik etkisinin buharlaşma ısısı üzerindeki etkisi de enterpolasyon için dikkate alınmalıdır. Bu nedenle dağlık alanlarda Ordinary kriging, regresyon kriging ve cokriging gibi jeostatistik enterpolasyon yöntemleri uygulanmaktadır (Martinez-Cob ve Cuenca, 1992; Philips vd., 1992). Jeostatistiksel yöntemlerin performansları, çalışılan değişkene, verinin mekansal konfigürasyonuna, kullanılan varsayımlara ve kesinliklerine bağlı olduğu için şimdiye kadar belirli bir enterpolasyon yönteminin üstünlüğü açık bir şekilde belirlenmemiştir. (Creutin ve Obled, 1982; Weber ve England, 1994). Bu nedenle her bir enterpolasyon yöntemi sadece bazı özel durumlar için en iyi yöntem olabilir (Isaaks ve Srivastava 1989). İki değişken arasındaki korelasyonun doğası hakkında herhangi bir varsayım yapılmadığı durumda, Cokriging'in teorik temellerinin ve dayanağının daha iyi olmasından dolayı, verilerin korelasyon derecesi ve mekansal yapısı çapraz semivariogramda dikkate alınır (Ahmed ve De Marsily, 1987). Bununla birlikte, kodlama için hesaplama gereklilikleri yüksek olduğundan, regresyon kriging yöntemi daha basit bir alternatif olarak değerlendirilebilir (Samper ve Carrera, 1990).

topraklar %10.33, Kırmızı Akdeniz toprakları %4.06 ve Kolüvyal topraklar % 5.87 oranındadır. Kestane rengi topraklar %1.93, Regosoller %3.15 ve Yüksek Dağ Çayırı toprakları %0.11'lik alanlara sahiptirler. Ayrıca havzada çıplak kayalıklar, ırmak taşkın yatakları ve kıyı kumulları da %1.52'lik bir alan kaplamaktadırlar (Anonim, 2003).

Araştırma yerinin iklim özellikleri

Ege Bölgesi içinde geniş bir alanı kapsayan Gediz Havzası'nda, Akdeniz iklimi ile beraber İç Anadolu'nun karasal iklim özellikleri egemendir. Ovalar ve ovaları çevreleyen vadilerde, karasal nitelikli Akdeniz iklimi görülürken, yüksek dağlık bölgeler ve platolar ile kuzey ve kuzey doğusundaki dağlar ve platolarda İç Anadolu'nun karasal nitelikli ikliminin etkileri görülür. Ovaların çevresindeki dağlar, deniz etkisini kesecek kadar yüksek olmadığından ve denize dik konumlarından dolayı denizin etkisi batıdan doğuya doğru azalan ölçüde hissedilir. Ovalık kesimlerin ikliminde denize yakınlık nedeniyle yumuşama söz konusudur.

Yaz aylarında sıcaklık yükselirken, yağışlar kış aylarında yoğunlaşır.

Uzun yıllar kaydedilen ortalama yağış, dağlık bölgede yaklaşık 800 mm ile Ege sahil bölgesinde yaklaşık 500 mm arasında değişmektedir. Ortalama sıcaklıklar 13.5 °C - 16.6 °C arasında değişmektedir. Gediz havzasında yer alan bazı Meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllar (1975-2010) ortalama sıcaklık ve ortalama toplam yağış miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu veriler dikkate alındığında, havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 15.9 °C, yıllık ortalama yağış 446.2 mm ve yıllık ortalama buharlaşma ise 1317.3 mm'dir.

Araştırma yerinin su kaynakları

Batı Anadolu'da bulunan Gediz Havzası, Ege Denizi, Küçük Menderes ve Bakırçay havzaları arasında yer almaktadır. Havza kuzey, güney ve doğudan yükseklikleri 2000 metreyi bulan dağlar, batıda da Ege Denizi tarafından çevrelenmiştir. Nehrin ana kollarını Delinış, Selendi, Demirci, Nif, Alaşehir ve Kumçay akarsuları oluşturur. Bunun

Çizelge 1. T1 ve T2 konularına ait hesaplanan kök yüzdeleri (%) ve toprak katmanlarındaki tuzluluk değerleri (dS m⁻¹)
Table 1. Analysis of Variance for Grain Nitrogen, Zinc and Iron Concentrations and Grain Yield Values

İstasyon	Ortalama Sıcaklık (°C)												Ort. / Top.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Akhisar	6.1	7.1	9.9	14.5	19.8	24.7	27.2	26.8	22.5	17	11	7.5	16.2
Alaşehir	6.3	7.9	11.1	15.3	21.2	25.8	28.2	28.2	22	17	12.7	8.5	17.0
Demirci	3.7	3.9	6.6	11.3	16.9	21.2	24	24.2	19.5	15	9.5	5.2	13.4
Gediz	2.4	3.3	6.5	11.1	16.2	20.7	24.1	23.8	18.9	13.2	7.4	3.9	12.6
İzmir	8.9	9.4	11.8	16	20.9	25.8	28.1	27.6	23.6	18.9	13.8	10.3	17.9
Köprübaşı	4.7	6.6	9.7	14.1	20.4	25.7	28.7	28.7	21.7	16.2	11	7.0	16.2
Manisa	6.7	7.9	10.7	15.3	20.6	25.7	28.2	27.8	23.4	17.9	11.9	8.1	17.0
Turgutlu	6.6	7.4	10.4	15.3	20.6	25.4	27.6	27.2	23.1	17.7	11.7	7.6	16.7
Yağış (mm)													
Akhisar	79.6	77.6	64.6	49.9	33.3	10.9	4.4	4.3	17.2	43	79	97.4	561.2
Alaşehir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demirci	72.5	80.2	69.3	62.1	41.2	14	8.5	11	20.9	45.7	75.5	89.6	590.5
Gediz	70.9	64.3	56.4	56.9	38.5	22.9	14.3	11.5	19.2	45.1	67.3	84.7	552
İzmir	114.8	104.7	79.3	46.3	25.7	8.4	2.3	1.9	17.7	49.9	105.8	130.8	687.6
Köprübaşı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manisa	110.7	106.4	83	56.1	32.3	15.5	5.6	5.5	16.7	50.2	97	129.5	708.5
Turgutlu	62	68.8	60.4	46.6	28.5	9	3.7	2.6	14.2	29.9	70.2	74.2	470.1
Buharlaşma (mm)													
Akhisar	1.9	1.4	13.5	106.8	173.2	237.7	292.1	270.4	185.9	101.7	35.7	5.2	1425.5
Demirci				58	174.7	234.8	301.8	273	180.6	113.2	38.6	6.1	1380.8
Gediz	0.2			66.5	117.4	154.4	202.7	191.6	130.7	73.9	11.7	3.2	952.3
İzmir	11.7	12	25.5	120.2	179.3	240.4	282.8	251	183.2	112.5	62.6	29.3	1510.5

yanında Orta ve Aşağı Gediz'de Adala, Ahmetli, Menemen, Akhisar, ve Alaşehir ovaları bulunmakta ve bu ovalarda yaklaşık 110 000 hektarlık alana sahip sulama sistemleri bulunmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros, 2008).

Halihazırda Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından havzada birçok yatırım yapılmıştır. Bunlardan Demirköprü, Avşar ve Buldan barajları; Çömlekçi, Adala, Marmara, Emiralem, Ahmetli ve Buldan bağlamaları DSİ tarafından; Akpınar, Alaşehir, Sarıgöl, Adala I ve II, Gökkyaya, Ahmetli, Maltepe, Menemen, Türkeli ve Emiralem sulama sistemleri ise sulama birlikleri tarafından işletilmektedir. Havzadaki belli başlı su yapıları sulama amaçlıdır. Demirköprü, Avşar ve Buldan baraj gölleri ve Marmara Gölü 110 000 hektarlık tarımsal sulama alanını beslemektedir. Gediz Havzasında hali hazırda tarımsal su ihtiyacı genelde yüzeysel sulardan, endüstriyel ve kentsel su ihtiyaçları ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros 2008).

Gediz Havzasında mevcut suyun (61 mm/yıl) neredeyse tamamı kentsel, endüstriyel ve tarımsal su ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır. Mevcut yıllık yüzeysel su potansiyelinin (53 mm/yıl) yaklaşık olarak %75'i havzada sulama amaçlı tahsis edilmektedir. Sulama suyu talebi her ne kadar yıldan yıla değişse de, havza boyunca ortalama olarak 39 mm/yıl civarındadır. Bunun yanında yer altı suyundan (8~9 mm/yıl) karşılanan kentsel su ihtiyacı ise hızlı nüfus artışına bağlı olarak giderek artmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros 2008).

Referans evapotranspirasyonun hesaplanması

Araştırmada, Gediz havzası içinde ve çevresinde bulunan toplam 14 (Manisa, İzmir, Akhisar, Demirci, Simav, Uşak, Ödemiş, Salihli, Gediz, Bergama, Balıkesir, Simav ve Afyon) meteoroloji istasyonunda günlük olarak ölçülen yaklaşık son 30 yıllık veri setlerinin ortalaması kullanılmıştır.

Evapotranspirasyonun hesaplanmasında Standardize FAO Penman Monteith yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama elde var olan meteorolojik ölçümlerle birlikte ayrıca ilgili eşitlikler yardımıyla hesaplanan veriler kullanılmıştır. Standart edilmiş referans ET eşitliği aşağıdaki gibidir;

$$ET_{sz} = \frac{(0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} U_2 (e_a - e_a))}{\Delta + \gamma(1 + C_d U_2)}$$

ET_{sz} = standart edilmiş referans bitki su tüketimi (kısaca (ET_o) ve uzun (ET_r)) (mm d⁻¹ veya mm h⁻¹),

R_n = Bitki yüzeyi için hesaplanmış net radyasyon (MJ m⁻² d⁻¹ veya MJ m⁻² h⁻¹),

G = Toprak yüzeyi için toprak ısı akısı (MJ m⁻² d⁻¹ veya MJ m⁻² h⁻¹)

T = Ortalama günlük veya saatlik hava sıcaklığı, 1.5 - 2.5 m yükseklikte ölçülmüş (°C),

u₂ = Ortalama günlük veya saatlik rüzgar hızı, 2 m yükseklikte ölçülmüş (m s⁻¹),

e_s = Doymun buhar basıncı, 1.5-2.5 m yükseklikte ölçülmüş, (kPa), günlük hesaplamalarda en yüksek ve en düşük sıcaklıklar için hesaplanan doymun buhar basıncının ortalaması kullanılmalıdır.

e_a = Ortalama gerçek buhar basıncı, 1.5 - 2.5 m yükseklikte ölçülmüş, (kPa),

Δ = Doymun buhar basıncı – sıcaklık eğrisinin eğimi, kPa °C⁻¹,

γ = Psikrometrik sabite (kPa °C⁻¹),

C_n = Referans bitkiye ve hesaplamada esas alınana zaman dilimine göre değişen pay katsayısı,

C_d = Referans bitkiye ve hesaplamada esas alınana zaman dilimine göre değişen payda katsayısı.

Jeoistatistiksel yöntem

İstatistiğin uygulamalı bir dalı olan jeoistatistik, ilk defa yerbilimlerinde karşılaşılan tahmin problemlerinin çözümüne yönelik olarak kullanılmıştır. Geoistatistikte ölçüm yapılan notaların konumları ile gözlemler arası korelasyon dikkate alınır. Bu yöntemle yansız ve minimum varyanslı tahminler yapılabilmektedir (Olea, 1977, Başkan, 2004). Ölçülen değerlerden deneysel variogram yapısı belirlenir. Geoistatistiksel çalışmaların temelini, bu belirlenen variogram yapısına teorik bir modelin uydurulması oluşturmaktadır (Delhomme 1978, Vieira vd 1983, Başkan, 2004). Geoistatistiksel yöntemler, yönlü verilere uygulandığında oldukça sağlam ve güçlü sonuçlar ortaya koymaktadır.

Jeoistatistik metotları arasında en fazla tercih edilen yöntem Krigingdir. Gumiaux vd. (2003)'ün bildirdiğine göre bu metot ilk kez Matheron tarafından 1962 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntemde hesaplamada dikkate alınan verilerin farklı katkıları göz önüne alınarak veri noktaları

arasında enterpolasyon yapılmaktadır. Bu yöntem, bir değişkenin yeri ve çevresindeki komşu diğer veri noktalarının arasındaki enterpolasyonun optimum tahmini olarak tanımlanır (Cressie, 1990).

Çalışmada ETo haritalarının hazırlanmasında kullanılacak yöntem olarak, Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in çalışmasındaki önerileri dikkate alınmıştır. Söz konusu araştırmacılar, ETo'ın hesaplanmasına ve haritalanmasına yönelik olarak yaptıkları çalışmada, enterpolasyon yöntemi olarak cokriging yöntemlerini; semivariogram olarak spherical modelin kullanımını iyi sonuçlar verdiğini dile getirmektedirler.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeostatistiksel yöntem sonuçları

Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in ETo'ın hesaplanmasına da ve haritalanmasında, enterpolasyon yöntemi olarak cokriging yöntemlerini; semivariogram olarak spherical modelin kullanımını iyi sonuçlar verdiğini belirtmektedirler. Çalışmada da söz konusu araştırmacıların önerileri dikkate alınmış ve alanın ETo haritaları üretilmiştir. Haritaların üretilmesi sırasında kullanılan yöntemlere ilişkin olarak hesaplanan önemli temel istatistiksel parametreleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Nisan-Eylül ayları (dahil) ve yıllık toplam değere ilişkin hazırlanana haritalar Şekil 2-8 arasında sunulmuştur.

Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Nisan ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 110.7 ve en düşük ise 77.6 mm/ay'dır. Şekil 2'den de görülebileceği gibi havzanın kuzey-doğu ve kuzeyine doğru artan yükseklikle birlikte ETo değeri azalma göstermektedir. Batı, güney ve güney-batıya doğru ETo değerleri artış göstermektedir. Özellikle tahıl üretimi yapılan bölgelerde, yağışın yetersiz olduğu zamanlarda,

Nisan hatta bazı dönemlerde Mayıs ayı dahil sulama suyuna gereksinim duyulmaktadır. Söz konusu dönemlerde verim ve kalitede düşüşün önlenmesi için tamamlayıcı sulamaların yapılması gerekmektedir. Üretilmekte olan bitkiler için sulama suyu gereksinimi ETo değerlerinin yetiştirilen ürüne ait bitki kat sayısı ile düzeltilerek uygulanması pratikte kolaylıklar sağlayacaktır. Böylelikle daha önce de dile getirildiği gibi hem verim ve kaliteden kayıpların oluşması önenebilir hem de kıt kaynak sulama suyundan, enerjiden ve zamandan tasarruf edilebilir.



Şekil 2. Nisan ayı ETo'ındaki değişimi
Figure 2. Change of ETo in April

Mayıs ayı ETo'ları Nisan ayı değerlerine oranla artış göstermektedir. Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Mayıs ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 152.8 ve en düşük ise 112.2 mm/ay'dır. Şekil 3'den de görülebileceği Nisan ayındaki gibi, havzanın kuzey-doğu ve kuzeyine doğru artan yükseklikle birlikte ETo değeri azalma göstermektedir. Havzanın özellikle Menemen ovasının yer aldığı batı bölümünde ETo değerleri 150 mm'yi aşmaktadır. Manisa, Salihli, Akhisar ve Demirci'nin güney bölgelerinin olduğu ve havzanın orta bölümü olarak kabul edilebilecek bölgede ise yaklaşık 140 mm'nin üzerinde ETo değeri hesaplanmıştır. Bölgede üretimi yapılan bitkilerin, özellikle yağışın yetersiz

Çizelge 2. Haritalara ilişkin bazı istatistiksel parametreler

Table 2. Values of some statistical parameters of maps

Parameters	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
Count	14	14	14	14	14	14	14
Min	77.6	112.2	143.6	162	144.7	99.3	975
Max	110.7	152.8	191.1	227	212.7	153.5	1377
Root Mean Square	3.84	6.14	10.01	12.30	16.46	11.47	72.92
Mean Standardized	0.0004	0.012	-0.003	-0.02	-0.01	-0.04	-0.01
Root Mean Square Standardized	0.60	0.65	0.81	0.79	0.93	0.94	0.76
Average Standard Error	6.02	8.68	12.36	15.30	17.46	11.68	9.9

olduğu ve sulama suyuna gereksinim duyulduğu zamanlarda, verim ve kalitede düşüşün önlenmesi için sulamaların yapılması gerekmektedir.

İstasyonlara ait Haziran ayı ETo değerlerinin dağılımı, Nisan ve Mayıs ayları ile benzerlik göstermektedir. Çizelge 2'den de görülebileceği gibi, Haziran ayında hesaplanan en yüksek ETo değeri 191.1 ve en düşük ise 143.6 mm/ay'dır. Şekil 4'den de görülebileceği gibi güney ve güney batı bölümünde ortalama 190 mm civarında gerçekleşirken havzanın orta bölümünde 180 mm'lere kadar yükselmektedir. Havzanın doğusunda yer alan ve havzaya ismini veren Gediz ilçesine doğru yaklaşık 140 mm'ye kadar düşüş göstermektedir. Söz konusu bölgeler havzanın yüksek kesimlerini oluşturmaktadır.



Şekil 3. Mayıs ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 3. Change of ETo in May



Şekil 4. Haziran ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 4. Change of ETo in June

Temmuz ayı tüm havza için en yüksek ETo değerlerinin hesaplandığı aydır. Söz konusu ayda en yüksek ETo değeri 227 mm'dir. En düşük değer ise 162 mm ile havzanın doğusunda yer alan ve aynı zamanda havzanın yüksek kesimlerini oluşturan Gediz ilçesi çevresinde hesaplanmıştır. Şekil 5'den de görülebileceği gibi Temmuz ayı içerisinde havzanın büyük bölümü ortalama 200 mm civarında ETo hesaplanmaktadır. Yine en düşük havzanın en yüksek kesiminde bulunana Gediz ilçesi çevresinde 160-170 mm civarında gerçekleşmektedir. En yüksek ETo değerleri



Şekil 5. Temmuz ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 5. Change of ETo in July

Akhisar çevresinde yaklaşık 210-220 mm arasında belirlenmiştir. Salihli ilçesi ve çevresinde söz konusu değerler 190-200 mm civarına gerilemektedir.

Temmuz ayındaki benzer durum Ağustos ayında da görülmektedir. Havza için hesaplanan en yüksek ETo değeri 212.7 ve en düşük ise 144.7 mm'dir. Şekil 6'dan da görülebileceği gibi havzanın büyük bölümü ortalama 180-190 mm civarında ETo sergilemektedir. Yine en düşük değer havzanın en yüksek kesiminde bulunana Gediz ilçesi çevresinde 150-160 mm civarında gerçekleşmektedir. En yüksek ETo değerleri Akhisar çevresinde yaklaşık 200 mm civarında belirlenmiştir. Salihli ilçesi ve çevresinde söz konusu değerler 170-180 mm civarında belirlenmiştir.

Eylül ayı için hesaplanan ETo'ların dağılımı Temmuz ve Ağustos aylarıyla benzerlik göstermektedir. Eylül ayında en yüksek ETo değeri 153.5 ve en düşük 99.3 mm'dir. Şekil 7'den de görülebileceği gibi havzanın batısında yer alan Menemen ve Akhisar'ın özellikle batı ve kuzey



Şekil 6. Ağustos ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 6. Change of ETo in August



Şekil 7. Eylül ayı ETo'ndaki değişimi
Figure 7. Change of ETo in September

batı bölümü ile havzanın güneyinde ETo değerler havza geneline göre yüksek olup yaklaşık 130-140 mm civarındadır. Yine havzanın yüksek bölgeleri olan doğu bölümünde en düşük ETo (100-120 mm arası) değerleri dağılımı görülmektedir. Havzanın büyük bölümünde aylık 120-130 mm ETo değeri dağılım göstermektedir.

Gediz havzası için hesaplanan yıllık toplam ETo değerlerinin dağılım, daha önce açıklanan Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında belirlenen dağılımların ortalaması şeklindedir. Gediz havzası için hesaplanan en yüksek ETo değeri 1377 mm olup havzanın batısında bulunan Menemen ilçesi çevresi ile havzanın güneyinde yer alan komşu istasyon olan Denizli ilinin Güney ilçesine doğru uzanan Alaşehir ve Sarıgöl ilçeleri çevresinde olduğu görülmektedir. Havzaya ismini veren Gediz nehrinin olduğu ve aynı zamanda da havzanın yüksek kesiminde yer alana Gediz ilçesi çevresinde en düşük ETo değerleri dağılım göstermektedir. Manisa ve Akhisar çevreleri ile Demirci ilçesinden güneyinde kalan bölgede ETo değerleri 1200-1250 mm civarında gerçekleşmektedir. Salihli Ovasından kuzey güney doğrultusundan ortalama ETo değerleri 1150-1200 mm civarındadır.



Şekil 8. Yıllık toplam ETo'ndaki değişimi
Figure 8. Change of ETo in years

SONUÇLAR

Evapotranspirasyon, kıt kaynak suyun optimum şekilde kullanılmasının yanında, son yıllarda meydana gelen kuraklıklarla mücadelede dikkate alınan parametrelerin başında gelmektedir. Ayrıca mevcut su kaynaklarının potansiyelleri dikkate alınarak sürdürülebilir şekilde değerlendirilmesi, tarımsal üretimin devamlılığı açısından son derece önemlidir. Bunlara bağlı olarak yetiştiriciliği yapılan tüm ürünlerin sulama suyu ihtiyaçlarının saptanabilmesi ancak doğru yöntemlerle hesaplanmış ve geçerliliği test edilmiş evapotranspirasyon değerleriyle mümkündür.

Evapotranspirasyonun ölçülmesi ve izlenmesi klasik yöntemlerde hem zaman alıcı hem de maliyetli bir işlemdir. Son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde ölçme ve izleme yöntemleri gelişmiştir. Alansal, bölgesel, havza ölçeğinde ve hatta ülkesel boyutta referans evapotranspirasyon belirlenmesi ve bunların dağılım haritalarının hazırlanması pratikte sulama programlarının oluşturulmasında önemli katkılar sağlamaktadır. İster arazi denemelerinden isterse güvenilirliği ispatlanmış yöntemlerle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler, doğru jeostatistiksel yöntemlerle analiz edilip haritaların hazırlanması, gerek konu uzmanlarına gerekse üreticiler için son derece yararlı ve kullanışlıdır. Uygun jeostatistik yöntemlerle yapılan evapotranspirasyonun haritaları daha kısa sürelerde ve daha doğru şekilde yapılabilmektedir. Eskiden kullanılan yöntemlerle bir bölgenin evapotranspirasyon haritalarını hazırlanmak, alanının büyüklüğüne bağlı olarak aylar hatta yıllar alabilmekteydi. Ancak son yıllarda geliştirilen yöntemler yardımıyla söz konusu haritaların hazırlanmasını veri setlerinin hazır olması durumunda birkaç dakika içinde gerçekleştirilebilmektedir. Söz konusu haritaların doğruluklarını/güvenilirliklerini belirleyen en önemli etmenlerden bir tanesi kullanılan jeostatistik yöntemidir. Dile getirilen yöntem, ilgili konuya ait parametrenin mekânsal bakımdan değişimini ve ilişkilendirilen diğer parametrelerle olan ilişkisini de incelemede yarar sağlamaktadır.

Referans evapotranspirasyonun hesaplanmasında Standardize FAO Penman Monteith yöntemi Gediz havzası için uygun ve iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Ayrıca, ETo haritalarının jeostatistiksel yöntemle hazırlanmasında da Noshadi ve Sepaskhah, (2005)'in önerdikleri gibi enterpolasyon yöntemi olarak cokriging; semivariogram olarak spherical modelin kullanımının harita hazırlamada iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmed S, De Marsily G (1987). Computation of geostatistical methods for estimating transmissivity using data on transmissivity and specific capacity. Water Resour. Res. 23, 1717-1737.

Anonim 2003. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı Yayınları, Türkiye Toprak Su Kaynakları ve Çölleşme Raporu, Ankara. <http://www.khgm.gov.tr/kutuphane/collesme/colleme.htm>. Erisim Tarihi: 13.02.2009.

Başkan O (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması, Doktora Tezi, AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Ankara.

Cressie NAC (1990). The origins of kriging. *Math. Geol.* 22: 239– 252.

Creutin JD, Obled C (1982). Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: an objective comparison. *Water Resour. Res.* 18: 413-431.

Çetinkaya CP, Barbaros F (2008). Su Yönetimi Senaryoları %le Gediz Nehri Yıllık Su Bütçesi Performansının Değerlendirilmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildirileri, TMMOB, s. 323-334. 20-22 Mart 2008, Ankara,

Delhomme JP (1978). Kriging in the Hydrosciences. *Advances in Water Resources*, 1(5): 251-266.

Gumiaux C, Gapais D, Brun JP (2003). Geostatistics applied to best-fit interpolation of orientation data. *Tectonophysics* 376: 241– 259.

Isaaks EH, Srivastava RM (1989). *An Introduction to applied geostatistics*. Oxford University Press, New Yourk, p. 561

Martinez-Cob A, Cuenca RH (1992). Influence of elevation on regional evapotranspiration using multivariate geostatistics for various climatic regimes in Oregon. *J. Hydrol.* 136: 353-380.

Noshadi M, Sepaskhah AR (2005). Application of geostatistics for potential evapotranspiration estimation. *Iranian Journal of Science & Technology, Transactions of Civil Engineering* 29 (3): 343-355

Olea RA (1977). Measuring spatial dependence with semivariograms. *kansas geological survey, series on spatial analysis, No. 3, Lawrance, Kansas.* p. 122

Philips DL, Dolph JD, Marks D (1992). A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agric. For. Meteorol.* 58: 119-141.

Samper FJ, Carrera J (1990). Multivariate geostatistical analysis of evapotranspirations and precipitation in mountainous terrain. *Geostatistica: Applications a la hydrologia subterranca*. In: A. Martinez-Cob (ed) *J. Hydrol.* 174: 19-35.

Taş İ, Kırnak H (2011). Yarı kurak iklim bölgelerinde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılacak ampirik modeller. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011; 8(1): 57 - 66.

Vieira SR, Hatfield JL, Nielsen DR, Biggar JW (1983). Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51 (3): 1-75, Davis-California

Weber D, England E (1994). Evaluation and comparison of spatial interpolators II. *Math. Geol.* 26: 589-603.

Yüzeyaltı Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Yalova İncisi Sofralık Üzüm Çeşidinde Yaprak Su Potansiyeline Göre Sulama Programının Oluşturulması

Gülşen DURAKTEKİN^{1,*} Yeşim BOZKURT ÇOLAK¹ Kadir KUŞVURAN¹ Metem ÖZFİDANER¹ ¹Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Mersin

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): gulsenduraktekin@gmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655611

Öz

Bu araştırma Çukurova Bölgesinde toprakaltı damla yöntemiyle farklı düzeylerde sulanan Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde verim ve su kullanım randımanlarını belirlemek amacıyla 2016 yılında Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Topçu İstasyonunda yapılmıştır. Araştırmada 6 farklı sulama düzeyi (Tam sulama, TS; kısıntılı sulama, KS75; Kısıntılı sulama, KS50; PRD75, PRD50 ve Susuz) bulunmaktadır. Tam sulamalarda kök bölgesindeki (90 cm) eksik toprak neminin tarla kapasitesine getirilmesi öngörülmüştür. Araştırma tesadüf blokları deneme deseninde üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Sulama düzeylerinin verim üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek verim tam sulama (TS) konusunda 30.9 t ha⁻¹, en düşük verim susuz konusunda 11.7 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Yaprak su potansiyeli (YSP) ölçümleri mevsim boyunca pressure chamber aleti ile yapılmıştır. Yalova İncisi üzüm çeşidinin gün ortası yaprak su potansiyelinin $\Psi=0.92$ MPa değerinde sulanmasıyla en yüksek verim elde edilmiştir. Su stresi arttıkça daha düşük YSP değerleri elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Asma, sulama programlaması, yaprak su potansiyeli, yüzeyaltı damla sulama

Determination of Irrigation Program with Using Leaf Water Potential in Yalova İncisi Table Grape Variety with Subsurface Drip Irrigation

Abstract

This research was carried out in the Eastern Mediterranean Region of Turkey where to determine the effects of various irrigation strategies applied with subsurface drip systems on Yalova İncisi table grape variety and yield and water use efficiency along with optimal irrigation program during 2016, in the experimental fields of Alata Horticultural Research Station, Tarsus Soil and Water Resources Topçu Unit. In the study six irrigation levels (Full irrigation, TS; deficit irrigation, KS75; deficit irrigation, KS50; Partial Root-Zone Drying PRD75% , Partial Root-Zone Drying PRD50% of full irrigation treatments and Rainfed, RF) were tested. Soil water deficit in the rootzone depth was replenished to field capacity in irrigations. The experimental was carried out in randomized block design with three replications. The effect of the irrigation levels on the yield were found statistically significant. Full irrigation treatment

under the produced the highest yield (30.9 t ha⁻¹), the lowest yield was obtained in rainfed treatment plots (11.7 t ha⁻¹). Leaf water potential were measured throughout the growing season with a pressure chamber. The YSP values decreased with increasing water stress. Highest yields of Yalova İncisi variety can be obtained when irrigated at leaf water potential value $\Psi = -0.92$ MPa.

Keywords: Grapevine, irrigation scheduling, leaf water potential, subsurface drip irrigation

GİRİŞ

Bağ, dünya çapında en yaygın bitkilerden biridir. Ülkemiz, dünya ülkeleri içerisinde bağ alanı bakımından 435 000 ha ile 5; yaş üzüm üretimi bakımından ise 4 000 000 ton ile 6. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2016).

Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafyanın su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini ilk olarak yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (Doğan, 2005). Küresel ısınmanın en fazla etkileyeceği alanların başında Akdeniz bölgesi gelmektedir. Yağışların azalacağı ve sıcaklıkların artacağı göz önünde bulundurulduğunda su kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesini sağlayacak yeni yöntem ve teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Su kıtlığının yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde tarıma ayrılan su miktarından kısıtlama yapmaktan kaçınılmaz hale gelmiştir. Yeni geliştirilmekte olan diğer bir kısıtlı sulama uygulaması da kısmi kök kuruluğu (PRD) uygulamasıdır. Kısmi Kök kuruluğu yönteminde, sulama suyunun alternatif kaynaklardan verilerek bitki kök bölgesinde ıslak ve kuru alanlar oluşturulmaktadır. PRD yöntemi birçok tarla bitkisinde ve meyve bahçelerinde denemeler yürütülmüştür (Liu vd., 2003; Davies ve Hartung, 2004; Kang ve Zhang, 2004). Tarla bitkilerinde PRD yöntemiyle uygulanan suyun önemli derecede azaldığını, taç yapısının arttığı ve verime diğer sulama yöntemlerine göre daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Tarımsal üretim için ayrılan suyun giderek azalması sonucunda, suyun daha etkin ve ekonomik kullanımını sağlayabilmek için farklı sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler içinde de küçük debilerle çalışan ve su tasarrufu sağlayan düşük basınçlı sulama yöntemleri günümüzde önem kazanmaktadır (Çamoğlu, 2004). Sulama yöntemleri içerisinde, üniform su kullanımı, yüksek randıman, sulama suyu tasarrufu ve işletme kolaylığı bakımından, özellikle sebze, meyve ağaçları ve süs bitkilerinin sulanmasında damla sulama yöntemleri ön plana çıkmaktadır.

Damla sulama yönteminin farklı uygulama şekilleri bulunmaktadır. Bu uygulama şekillerinden birisi olan yüzeyaltı damla sulama (YAD) yöntemi, özellikle 1990'lı yıllarda Amerika, İsrail, İtalya gibi ülkelerde meyve bahçelerinde, çim ve yem bitkileri gibi çok yıllık bitkilerin sulanmasında kullanılırken, günümüzde ise tüm sebzeleri içerisine alacak şekilde kullanılmaktadır. YAD sisteminde lateraller toprak altına gömülü olduğundan sulama nedeni ile toprak yüzeyinden olan buharlaşma ve derine sızma minimize edilmekte, bu nedenle toplam sulama suyu gereksinimi azalmaktadır (Ayars vd., 1999). YAD sisteminde lateraller toprak bünyesi, bitki çeşidi ve iklim şartları dikkate alınarak 33-50 cm derinliğe gömülmektedir (Irmak, 2005a). Yüzey altı damla sulama sisteminde bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementleri sulama suyu ile birlikte direk bitki kök bölgesine verilmektedir.

Sulama programlaması bitkiyi, toprağı ve iklim verilerini kapsamaktadır. Bu sebeple bitkilerde fizyolojik faaliyetler hem toprak hem de çevre koşullarının etkisi altındadır. Toprakta kullanılabilir suyun azalışına bağlı olarak bitkide fizyolojik oluşumlar bozulmakta ve giderek verim düşmektedir. Bu nedenle sulama zamanının saptanmasında toprak suyu eksiliğinden çok bitki-su eksikliğinden yararlanılması önerilmektedir (Tekinel ve Kanber, 1979). Bitkilere ne zaman ne kadar sulama suyu uygulanacağı, bitki izlemeye dayalı yöntemler kullanılarak bitkide su stresinin neden olduğu fizyolojik belirtiler denetlenerek belirlenebilir.

Bitki izlemeye dayalı yöntemlerden yaprak su potansiyeli (YSP) bitki su kapsamına ilişkin etkili bir göstergedir. Son yıllarda geliştirilen bazı cihazlar YSP'nin arazide ölçülmesini kolaylaştırmıştır. Bu yönü ile gerek araştırma gerekse uygulamada YSP birçok bitkide sulama zamanının belirlenmesinde kullanım potansiyeline sahiptir.

Tam sulanan bağlarda gün ortası yaprak su potansiyelinin (Ψ) -10 bar (-1.0 MPa) değeri "stressiz eşik değer" olarak kabul edilmiştir. Ψ 'nin

-12 bar (-1.2 MPa) ile -14 bar (-1.4 MPa) arasında olması orta derecede stresi, -16 bar (-1.6 MPa) ve daha büyük negatif değerlerin ise aşırı stresi temsil ettiği belirtilmiştir (Williams ve Araujo, 2002; Girona vd., 2005).

Bağlarda sulamanın, asmada vejetatif gelişimi, verim ve kaliteyi etkilediğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Dry ve Loveys, 1998; Van Leeuwen ve Seguin, 1994; Pellegrino vd., 2005; Ezzhaouani vd., 2007). Ancak, bu çalışmalarda sulamanın asmanın sıra ve şarap kalitesi üzerine olan etkisinin hem pozitif, hem de negatif olarak saptanabildiği ve asmanın sulamaya olan yanıtının hasat zamanı, ürün yükü ve su stresinin derecesine bağlı olarak değiştiği görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı Çukurova Bölgesinde yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı düzeylerde sulanan Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde verim ve su kullanım randımanlarının belirlemek ve en uygun sulama programını oluşturmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2016 yetiştirme mevsimlerinde, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu'na bağlı Topçu işletmesinde yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü bölgede tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Tarsus Araştırma Enstitüsü verilerine göre, bölgenin uzun yıllık yağış ortalaması 598.1 mm, buharlaşma miktarı ise 1480 mm'dir. En fazla buharlaşma 216.8 mm ile Temmuz ayında olmaktadır. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.3'dür.

Deneme alanının farklı noktalarından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin analizi sonucunda toprağın bazı özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme alanı toprakları profil boyunca tınlıdır ve 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 200 mm'dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri 90 cm toprak profilinde derinlik olarak 338 ve 138 mm olarak belirlenmiştir.

Araştırmada 6 farklı sulama düzeyi ele alınmıştır. TS: 7 günlük sulama aralığında 90 cm'lik toprak profilindeki eksik neminin tarla kapasitesine getirildiği konu; KS75: TS konusuna uygulanan suyun %75'inin verildiği konu; KS50: TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği konu; PRD50: Her bir sulamada TS konusuna verilen suyun %50'sinin dönüşümlü olarak bir lateralden uygulandığı konu; PRD75: Her bir sulamada TS konusuna verilen suyun %75'inin dönüşümlü olarak bir lateralden uygulandığı konu ve SUSUZ: Sulama yapılmayan yağışa dayalı konu yer almaktadır.

Araştırma, Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidi üzerinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Sıra üzeri 1.5 m ve sıra arası 3.5 m olup guyot terbiye sisteminde yetiştirilmektedir. Her bir parselde 8 asma (8 x 1.5=12 m) bulunmaktadır. Her bir parselin uzunluğu 12 m; parsel alanı ise 3.5m x 12m= 42 m²'dir.

Araştırmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Arazi eğimli olduğundan basınç gidericili damlaticılı lateraller kullanılmıştır. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller toprak yüzeyinin 40-45 cm altına yerleştirilmiştir. PRD konularında lateraller, her bitki sırasının sağına ve solunda bir lateral 80 cm aralıklarla (bitki sırasının her iki yanında 40 cm) olacak şekilde döşenmiştir. PRD konularında, her sulamada yalnızca alternatif bitki sıralarındaki damla lateralleri çalıştırılmıştır. İşletme basıncı 2 kg cm⁻²'de çalıştırılmıştır. Damlaticı aralığı 40 cm, damlaticı debisi 2.1 l h⁻¹ olan basınç gidericili damlaticılar kullanılmıştır. Sisteme su DSİ' ye ait sulama kanalından santrifüj pompa ile sağlanmıştır.

Toprak suyu gözlemleri, toprak profilinin ilk katmanında (0-30 cm) gravimetrik yöntemle, 30-90 cm arasında ise 30 cm'lik artışlarla nötronmetre yöntemiyle yapılmış ve hasada dek sürdürülmüştür. Asma bitkisinin 90 cm'lik toprak

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Physical and chemical properties of different soil layers of the experimental field

Katman Derinliği (cm)	Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (g g ⁻¹)	Solma Noktası (g g ⁻¹)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻¹)	pH	EC (dS m ⁻¹)
0-30	L	24.49	12.14	1.44	7.67	0.589
30-60	SiCL	27.58	9.63	1.41	7.50	0.496
60-90	C	28.86	11.17	1.34	7.76	0.445

profilinden tükettiği su miktarı, su dengesi eşitliği ile hesaplanmıştır. Su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) belirlemek amacıyla (Howell vd., 1995)'nin verdiği eşitlikler kullanılmıştır.

$$IWUE = Y / I \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$WUEET = Y / ET \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Bu eşitlikte:

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kg m^{-3});

WUEET: Toplam su kullanım randımanı (kg m^{-3});

ET: Evapotranspirasyon, (mm);

I: Uygulanan sulama suyu, (mm);

Y: Sulanan konularda elde edilen verimlerdir, (kg da^{-1})

Tüm konulara eşit miktarda gübre uygulanmıştır. Gözler uyanmadan önce $7 \text{ kg da}^{-1} \text{ N}$; fosfor ve potasyum hesabı ile yaklaşık 50 kg da^{-1} kompoze gübre (15:15:15:15) uygulaması omcaların her iki tarafından yaklaşık 0.5 m uzakta kalacak şekilde 15 cm derinliğinde açılan çiziler içerisine gübrenin serpilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Tane tutumu döneminde ise azot kaynağı olarak Üre (%46) ve potasyum kaynağı olarak da potasyum sülfat (%50 K_2O) kullanılmış ve bunlar 7'şer kg da^{-1} saf azot ve potasyum hesabına göre toprağa damla sulama sistemi ile verilmiştir.

Yaprak su potansiyeli (YSP) portatif basınç odacığı (Pressure chamber, Skye SKPM 1400) aygıtı ile gün

ortasında (12.00-14.00 arasında) sulama öncesi haftada bir olarak iki yinelemede yapılmıştır. Bu amaçla her parselde bir bitkide tam gelişmiş, güneşe bakan iki yaprakta ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması gün ortası yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır. Yaprak su potansiyeli ölçümünde yaprak ayası basınç odacığına sap dışarıda kalacak şekilde yerleştirilmiş ve aygıtın basınç kaynağından yaprak ayası üzerine basınç uygulanmış ve sapın dışarıda kalan ucunda su damlası belirinceye dek basınç artırılarak uygulanmış ve yaprak sapı ucunda su kabarcığı belirdiği andaki değer yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır.

Sulama düzeylerinin verim üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla hasatta tüm omcaların verimleri tartılarak konulara göre ortalama omca verimleri belirlenmiştir.

Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket programı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

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 2'de ve ortalama verim değerlerine ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Araştırmada konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarı, mevsimlik bitki su tüketimi (ET), verim, su kullanım randımanı (WUE), sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri

Table 2. The total amount of irrigation water, seasonal evapotranspiration, fruit yield, IWUE and WUE values under different treatments

Sulama Düzeyleri	Verim (t ha^{-1})	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	WUE (kg m^{-3})	IWUE (kg m^{-3})
TS	30.9 a	220	472	6.54 ab	14.04 e
PRD75	29.0 b	165	427	6.80 a	17.60 c
KS75	26.9 c	165	422	6.37 ab	16.30 d
PRD50	24.8 d	110	382	6.48 ab	22.52 a
KS50	23.2 d	110	376	6.17 b	21.10 b
SUSUZ	11.7 e	0	310	3.76 c	-

($P < 0.01$ **) %1 önemli, ($P < 0.05$ *) % 5 önemli, ($P > 0.05$ ö.d.) önemli değil

Çizelge 3. Ortalama verim değerlerine ilişkin LSD gruplandırması

Table 3. LSD grouping on average yield values

LSD Gruplandırması	Verim (t ha^{-1})	WUE (kg m^{-3})	IWUE (kg m^{-3})
LSD (0.05)	1.69	0.54	0.33
P	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **
CV(%)	3.8	5.0	1.0

($P < 0.01$ **) %1 önemli, ($P < 0.05$ *) % 5 önemli, ($P > 0.05$) önemli değil

Konulu sulamalara 90 cm toprak derinliğinde bulunan kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde başlanmış ve hasattan 13 gün önce sulamalara son verilmiştir. Tüm konulara, 7 gün sulama aralığında toplamda 9 kez sulama yapılmıştır. Deneme süresince konulara uygulanan sulama suyu miktarları; TS konusunda 220 mm, PRD75 ve KS75 konularında 165 mm, PRD50 ve KS50 konularında 110 mm değerleri arasında değişmiştir. Yağışa dayalı susuz konuya ise su uygulaması yapılmamıştır.

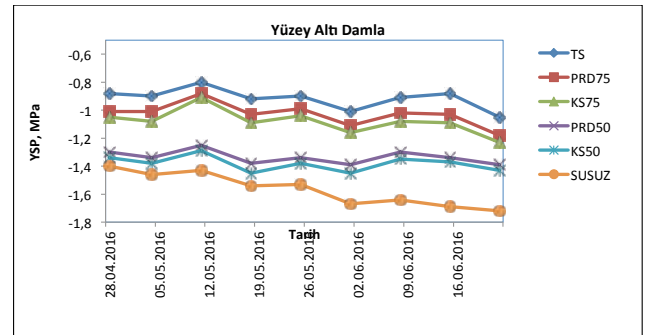
Bitki su tüketiminin hesaplanmasında su dengesi eşitliği kullanılmıştır (Howell vd., 1986). Bitki su tüketim değerleri, sulama konularına göre 310-472 mm arasında değişmiştir. Artan sulama suyu ile mevsimlik ET değerlerinde artış gözlenmiştir. Smart ve Coombe (1983), bağların su tüketiminin 480-530 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Gündüz ve Korkmaz (2008), Menemen ovası koşullarında damla sulama sistemi ile sulanan bağ için en yüksek verimi sağlayan konuda uygulanan sulama suyu miktarını 260.5 mm ve su tüketimi değerini de 505 mm olarak belirlemişlerdir.

Hasatta deneme parsellerinden elde edilen meyveler tartılarak kaydedilmiş ve verim değerleri birim alana (ha) dönüştürülerek hesaplanmıştır. Her parselden 6 m uzunluğunda 4 sıra (21 m²) hasat edilmiştir. Sulama düzeylerinin verim üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ortalama olarak üzüm verimleri 11.7-30.9 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek verim tam sulama (TS) konusundan 30.9 t ha⁻¹, en düşük verim susuz konudan 11.7 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Şener ve İlhan (1992) Menemen ve Manisa koşullarında yürüttükleri çalışmada, önerilen konuda ortalama verim değerini 25.6 t ha⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Grigorov vd., (2000) yaptıkları çalışmada, Rusya'da damla sulama ile sulanan bağlara sulama suyu ve sulama sıklığı arttıkça daha yüksek verim elde etmişler. Bağda en yüksek verimi 9.13 t ha⁻¹ tarla kapasitesinin 80-85'e düştüğünde yapılan sulamalardan elde etmişlerdir. Bozkurt Çolak vd., (2014) Adana'da yürüttükleri çalışmada, en yüksek üzüm verimi TS sulama konusunda (22652.7 g omca⁻¹) elde edilmiş bu sırayı PRD75 (20359.4 g omca⁻¹), KS75 (18069.4 g omca⁻¹), PRD50 (16310.0 g omca⁻¹), KS50 (14527.3 g omca⁻¹) konusu takip etmiş ve en düşük verim ise susuz (10734.4 g omca⁻¹) konuda elde edilmiştir. Genel olarak sulamanın verimi olumlu yönde arttırdığı belirlenmiştir.

Su kullanım randımanları (WUE) 3.76-6.54 kg m⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek WUE değeri PRD75 konusunda (6.80 kg m⁻³) elde edilirken, en düşük WUE değeri susuz konudan (3.76 kg m⁻³) elde edilmiştir. Açar vd (2010) Adana'da yürüttükleri çalışmada, en yüksek WUE değeri 31.2 kg m⁻³ ile PRD konusundan, en düşük WUE değeri ise 12.3 kg m⁻³ ile KS50 sulama konusundan elde etmişlerdir.

Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 14.04-22.52 kg m⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek IWUE değeri PRD50 konusundan (22.52 kg m⁻³) elde edilirken, en düşük IWUE değeri TS konusundan (14.04 kg m⁻³) elde edilmiştir. Genel olarak su kısıntısı arttıkça IWUE değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Şener ve İlhan (1992) Menemen'de damla sulama ile yürüttükleri çalışmada, önerilen konu için sulama suyu kullanım randımanını 11.2 kg m⁻³ olarak belirtmişlerdir. Bozkurt Çolak vd (2014) Adana koşullarında damla sulama ile sulanan bağda yaptıkları çalışmada, en yüksek IWUE değeri yıllara göre sırasıyla 7.77 kg m⁻³, 4.47 kg m⁻³, 8.39 kg m⁻³ olmak üzere PRD50 konusundan elde etmişlerdir.

Yolava İncisi sofralık üzüm çeşidinde sulama konularına göre yaprak su potansiyeli değerlerinin zamansal değişimleri Şekil 1'de verilmiştir. Araştırma yılında anılan değerler TS konusunda -0.80 ile -1.05 MPa; KS75 konusunda -0.91 ile -1.23 MPa; PRD75 konusunda -0.88 ile -1.18 MPa; KS50 konusunda -1.29 ile -1.43 MPa; PRD50 konusunda -1.25 ile -1.39 MPa; SUSUZ konuda ise -1.44 ile -1.70 MPa arasında değişmiştir. TS, PRD75 ve KS75 konularında daha düşük yaprak su potansiyeli değerleri gözlenirken, su stresi altındaki KS50, PRD50 ve SUSUZ konularında daha yüksek yaprak su potansiyeli değerleri belirlenmiştir. Mevsim sonlarına doğru yaprak su potansiyeli değerlerinin göreceli

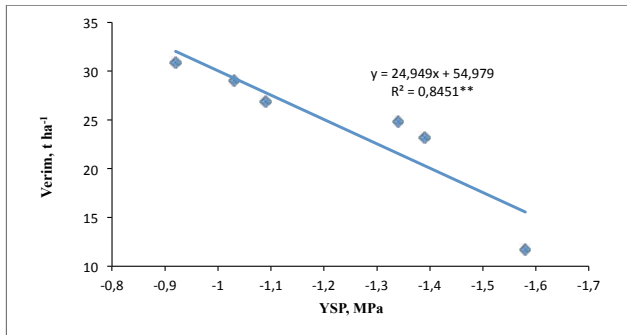


Şekil 1. Yaprak su potansiyeli değerlerinin zamansal değişimi (2016)

Figure 1. Changing leaf water potential values in time (2016)

olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum yaprakların yaşlanması ile açıklanabilir. Bozkurt Çolak (2010) Adana'da yürüttüğü çalışmada İtalia sofralık üzüm çeşidinde yaprak su potansiyeli değerinin -1.3 MPa ve -1.6 MPa değerinde sulanması ile en yüksek verim elde edilmiştir.

YSP ile verim arasındaki ilişkinin grafiği şekil 2'de verilmiştir. Anılan şekil incelendiğinde, YSP ile verim arasında doğrusal önemli ilişkiler belirlenmiştir. YSP ile verim arasındaki ilişkinin denklemi $Y=24.949 \text{ YSP} + 54.979$ $R^2=0.85^{**}$ 'dir. Genel olarak düşük ysp değerlerinde daha az verim değerleri elde edilmiştir.



Şekil 2. Yaprak su potansiyeli verim arasındaki ilişki (2016)
Figure 2. The relationship between leaf water potential and yield (2016)

SONUÇLAR

Çukurova Bölgesinde, yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı düzeylerde sulanan Yalova İncisi sofralık üzüm çeşidinde verim, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanlarının belirlenmesi amacıyla elde edilen çalışmada, sulamaların verimi arttırdığı görülmektedir.

Deneme yılında, yaprak su potansiyeli değerlerinin sulama konularına bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Su stresi arttıkça daha düşük YSP değerleri elde edilmiştir. Farklı sulama düzeylerine göre elde edilen verim değerleri ile yaprak su potansiyeli değerlerinin birlikte irdelenmesi sonucunda sulama düzeyinin verim üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek verim tam sulama konusundan ($\Psi = -0.92$ MPa) elde edilirken en düşük verim yağışa dayalı susuz konudan ($\Psi = -1.58$ MPa) elde edilmiştir.

Sonuç olarak, yüzeyaltı damla sulama ile sulanan Yalova İncisi üzüm çeşidinde su kısıntısının olmadığı

durumlarda TS konusu, su kısıntısının olduğu durumlarda ise PRD75 konusu önerilmektedir. PRD75 konusunda sudan %25 tasarruf yapıldığında verimde %7 azalma görülmüştür.

KAYNAKLAR

Ağar S (2010). Çukurova koşullarında kısmi kök kuruluğu (PRD) ve kısıntılı damla sulama programlarının Kings Ruby sofralık üzüm çeşidinin verimi, kalite ve su kullanım randımanına etkileri. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B, Davis K R, Schoneman R A, Vail S S, Mead R M (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: A review of 15 years of research at the water management research laboratory, agricultural water management, 42, 1-27.

Bozkurt Çolak Y (2010). Akdeniz bölgesinde Flame Seedless ve Italia sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeline göre sulama programlarının oluşturulması, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Bozkurt Çolak Y (2014). Çukurova koşullarında kısmi kök kuruluğu (prd) ve kısıntılı damla sulama programlarının Royal sofralık üzüm çeşidinin verimine ve su kullanım etkinliğine etkileri. TAGEM sonuç raporu, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu, Mersin-Tarsus.

Çamoğlu G (2004). Farklı yapım ve yapım özelliklerine sahip damlatıcılarda eş su dağılımının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Davies WJ, Hartung W (2004). Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity? New directions for a diverse planet. In: Proceedings of the 4th international crop science congress. Sept 26- Oct 1 1996, Brisbane, Australia.

Doğan S (2005). Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinde rolü ve önleyici küresel çabaya katılım girişimleri. Ç.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6, 57-73.

Dry P R, Loveys B R (1998). Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. Aust. J. Grape Wine Res., 4, 140-148.

Ezzhaouani A, Valancogne C, Pieri P, Amalak T, Gaudille' re J P (2007). Water economy by Italia grapevines under different irrigation treatments in a mediterranean climate. J. Int. Sci., Vigne Vin, 41, 131-140.

Girona J, Mata M, Campo J, Del Arbones A, Baartra E, Marsal J (2005). The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. Irr.

Grigorov MS, Kurapina NV, Malyuga AV (2000). Drip irrigation of vineyards in the volga/don interflue, CAP Abstract, 0335-2591.

Gündüz M, Korkmaz N (2008). Damla sulama ile sulanan bağda farklı sulama uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 18 (1) 2008.

Hook EJ, Kincheloe S (1991). Irrigation scheduling for corn-why and how, University of Florida and C.D. Yonts, University of Nebreska.

Howell TA, Musick JT, Tolck JA (1986). Canopy temperature of irrigated winter wheat. Transactions of the ASAE, Vol. 29(6):1692-1699.

Howell TA, Yazar A, Schneider AD, Dusek DA, Copeland KS (1995). Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation. ASAE Trans. of the ASAE, 38(6):1737-1747.

Irmak S (2005a). A brief research update on subsurface drip irrigation. Available: http://Water.Unl.Edu/Documents/Subsurface%20drip%20irrigation_Irmak_S.Pdf

Kang S Z, Zhang J (2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: Its physiological consequences and impact on water use efficiency. Journal of Experimental Botany, 55(407):2437-2446.

Kanber R (1997). Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:174, Adana.

Liu F, Jensen C R, Andersen M N (2003). Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. Functional Plant Biology, 30(1): 65-73.

Pellegrino A, Lebon E, Simonneau T, Wery J (2005). Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. Aust. J. Grape Wine Res. 11, 306-315.

Smart R E, Coombe B.G (1983). Water relations of grapevines. In: T T Kozlowski (Editör), water deficits and plant growth, chapter 4, Academic Pres, New York-London, pp: 137-196.

Şener S, İlhan İ (1992). Aşağı gediz havzasında yuvarlak çekirdeksiz üzümün su tüketimi ile sulamanın verim ve kaliteye etkileri. Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Menemen, s.55.

Şimşek M, Gerçek S, Öktem A (2003). farklı sulama yöntemlerinin mısır bitkisinde verim ve su tüketimine etkisi. GAP III. Tarım Kongresi. Bildiri No: S: 29. 2-3 Ekim, Şanlıurfa.

Tekinel O, Kanber R (1979). Çukurova koşullarında kısıntılı su kullanma durumunda pamuğun su tüketimi ve verimi. Tarsus Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 98:40.

TÜİK (2016). Türkiye istatistik kurumu. Available: <http://www.tuik.gov.tr>

Van Leeuwen C, Seguin G (1994). Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*vitis vinifera* var. 'cabernet Franc, saint-emilion, 1990). J. Int. Sci. Vigne Vin. 28, 81-110.

Williams LE, Araujo FJ (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *vitis vinifera*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 127(3):448-454.

Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi

İlknur CEBECİ^{1,*}  Oğuz DEMİRKIRAN¹ Orhan DOĞAN² Kevser KARAGÖZ SEZER²
Ödül ÖZTÜRK²  Fatma ELBAŞI¹

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü

²Emekli Öğretim Üyesi, ÇEM Danışmanı

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): ilknur.cebeci@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655613

Öz

İklim değişikliğinin ülkemizde ne gibi sonuçlar doğurduğunun ve gelecekte ne gibi sonuçları olacağına bilinmesi bütün sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de son derece önemlidir. Kurak dönemlerin belirlenmesi; tarımsal uygulamalar, sulama zamanının planlanması ile çölleşme ve erozyonla mücadele gibi konularda yapılacak çalışmalarda oldukça yararlı olacaktır. Ayrıca bir bölgede kuraklık periyodunun belirlenmesi o bölgede yaşanacak olası kuraklık riskine karşı önceden tedbir alınması açısından yarar sağlayacaktır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada Türkiye geneli 81 ildeki meteoroloji istasyonlarına ait ortalama aylık toplam yağış miktarları ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak Bagnouls-Gausson kuraklık indisleri hesaplanmış, illere göre kurak dönemler belirlenmiş ve il bazında Türkiye kuraklık haritası hazırlanmıştır. Elde edilen verilerle son 15 yıldaki değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre son 15 yılda ülkemizde nemli alan %0.01 ve kurak alanlar %1.79 oranında azalma gösterirken yarı nemli alanlarda %1.25 ve çok kurak alanlarda %0.56 oranında artış olmuştur. Kuzeyden güneye doğru kuraklık artış gösterirken; Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinin bir bölümü ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi çok kurak, Trakya'nın bir bölümü ile Karadeniz kıyıları ise yarı nemli sınıfta yer almıştır. Nemli sınıf sadece Karadeniz kıyılarında yer alırken iç bölgeler kurak özellik göstermiştir.

Anahtar kelimeler : Türkiye, Bagnouls-Gausson kuraklık indisi, yağış, sıcaklık, kuraklık

Drought Assessment Of Turkey Based On The Provinces

Abstract

It is very important in the agriculture sector as well as in all the sectors that the climate change is the result of what happens in our country and what the consequences will be in the future. Determination of arid periods will be very useful in the work to be done on issues such as agricultural practices, planning of irrigation time and struggle with desertification and erosion. In addition, the determination of a drought period in a region will benefit from precautionary measures against possible drought risk in that region. In this study, Bagnouls-Gausson drought indices were calculated by using average total monthly precipitation amounts and average monthly temperature data of 81 meteorological stations in Turkey, and drought periods were determined according to the provinces and province based drought map was prepared. It was tried to be determined changes in the last 15 years using the result data. According to this, during the last 15 years in our country, the humid

area decreased by 0.01% and the dry areas by 1.79%, while it increased by 1.25% in semihumid areas and by 0.56% in very dry areas. From north to south the drought is increasing; some of the Aegean, Mediterranean and Eastern Anatolian Regions and Southeastern Anatolia Region are very arid, some of Trakya and the Black Sea are in semi-humid class. Interior regions were arid when the humid class was located only on the Black Sea shores.

Keywords: Turkey, Bagnouls-Gaussian drought indices, precipitation, temperature, drought

GİRİŞ

Bir bölgede yağışların normalden daha az olması durumunda kuraklık meydana gelmektedir. Kuraklığın belirli bir süresi vardır, kalıcı bir durum değildir. Yani bir bölgede yağışların belirli bir sürede normallerin altında olması durumudur. Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesine göre kuraklık, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay olarak tanımlanmaktadır (MGM, 2017a). Kuraklığın meydana gelmesinde yağış miktarı kadar özellikle sıcaklık başta olmak üzere diğer iklim faktörleri de etkilidir. Kuraklığın başlangıç ve bitişi belirsizdir. Türkiye, sahip olduğu coğrafi, atmosferik ve iklim koşulları nedeniyle özellikle küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasındadır. Dört mevsimin yaşandığı ülkemizde iklim değişikliğinden farklı bölgeler farklı şekillerde etkilenecektir. Öztürk (2002)'ye göre sıcaklık artışından Güney Doğu ve İç Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerle, yeterli suya sahip olmayan yarı nemli Ege ve Akdeniz bölgeleri daha çok etkilenecek olacaktır. Dünya Bankası'nın hazırladığı rapora göre Türkiye, küresel iklim değişikliği nedeniyle en fazla kuraklık yaşayacak ülkelerin başında gelmektedir. Rapora göre, kuraklık nedeniyle Türkiye'nin ekonomisi küçülecek, insanlar göç etmek zorunda kalacaklar. Yine aynı rapora göre çok büyük boyutta yaşanacak olan kuraklığa karşı alınan bütün önlemler yetersiz kalacaktır (World Bank, 2016). İklim değişikliğine bağlı olarak tarımsal üretimdeki azalma ve verimin düşmesi ve dolayısıyla özellikle kırsal alanlardaki sosyo ekonomik sıkıntılar da kuraklık durumuyla yakından ilgilidir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı 2016 Yılı İklim Değerlendirmesi'ne göre Türkiye 2016 yılı ortalama sıcaklığı 14.5 °C ile 1981-2010 normal olan 13.5 °C'nin 1 °C üzerinde

gerçekleşmiştir. Türkiye'de 2016 yılı 1971'den bu yana gerçekleşen dördüncü sıcak yıl olmuştur. Aynı rapora göre 2016 yılında sonbahar ve kış mevsimleri yağışları mevsim normallerinin altında ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise üzerinde gerçekleşmiştir (MGM, 2017b).

Doğan ve Denli (1999) 247 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait, 28 ile 63 yıl arasında değişen ve uzun yılları kapsayan aylık sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak Türkiye'nin yağış, kuraklık ve aşındırıcı güç indislerini hesaplamış ve kurak dönemleri belirlemiştir. Çalışmada kuraklık indisleri hesaplanırken Bagnouls Gaussen kuraklık indisinden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, Bagnouls Gaussen Kuraklık İndisi (Kİ) kullanılarak illere göre Türkiye'deki kuraklık durumu incelenmiş ve Doğan ve Denli (1999)'deki illere ait olan kuraklık indisleri dikkate alınarak 15 yılda ülkemizdeki durumun ne ölçüde değişim gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada Türkiye geneli dikkate alınmıştır. Yarı kurak/yarı nemli orta enlem bölgesinde yer alan Türkiye'de dört mevsim şartları yaşanmaktadır. Ülkemizde dönemsel olarak bazen daha kurak bazen de daha nemli iklim özellikleri görülmektedir. Ancak son yıllarda yağışların mevsimsel dağılımında farklılıklar meydana gelmektedir. Özellikle yaz aylarında düşen yağış miktarı artmış, yağışlar arasındaki süre uzamıştır. Bunun sonucunda kuraklık eğilimi artış göstermiştir.

Bu çalışmada Doğan ve Denli (1999)'da yapılan kuraklık değerlendirmeleri dikkate alınarak Türkiye'deki iller bazında son 15 yıldaki değişim incelenmiştir. Bunun için 81 il merkezinde bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan, 2000-2016 yıllarını kapsayan, aylık toplam yağış ortalaması ve aylık ortalama sıcaklık

verileri kullanılarak Bagnouls Gausson kuraklık indisleri hesaplanmıştır. Uşak, Bitlis ve Eskişehir istasyonlarında eksik veri nedeniyle sırasıyla 14, 6 ve 8 yıllık veriler kullanılmıştır. Hem 2000-2016 yıllarını kapsayan indis değerleri ile hemde Doğan ve Denli (1999)'daki indis değerleri ile Arc-CIS IDW yöntemi kullanılarak kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

Bagnouls Gausson Kuraklık İndisi (K_i)

Bagnouls Gausson kuraklık indisi (K_i) hesaplanmasında Eşitlik 1 kullanılmaktadır (Doğan ve Denli, 1999).

$$K_i = \frac{12}{\sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i)} k_i \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Eşitlikte;

K_i = Bagnouls Gausson kuraklık indisi,

t_i = i ayındaki aylık ortalama sıcaklık, °C,

P_i = i ayındaki aylık toplam yağış, mm,

k_i = (2t_i - P_i > 0) olduğu ayın değerlendirilmesidir.

Kuraklık indisi hesaplanırken aylık ortalama sıcaklığın iki katının aynı aydaki yağış miktarından fazla olduğu aylar dikkate alınmaktadır. Bagnouls-Gausson kuraklık indisi değerlendirilmesinde Çizelge 1'den yararlanılmaktadır.

Çizelge 1. Bagnouls-Gausson kuraklık indisi sınıflaması
Table 1. Bagnouls-Gausson aridity index classes

Dağılım	Sınıf	Tanım
0	1	Nemli
1-50	2	Yarı-nemli
51-130	3	Kurak
>130	4	Çok kurak

BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye'deki 81 il merkezlerindeki meteoroloji gözlem istasyonlarına ait 2000-2016 yıllarını kapsayan yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Bagnouls Gausson kuraklık indisleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler ile Doğan ve Denli (1999)'daki K_i değerleri karşılaştırılmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'ye göre 2000-2016 yılları arasında 24 il çok kurak, 37 il kurak, 12 il yarı nemli ve 8

il nemli olarak tanımlanmıştır. Doğan ve Denli (1999)'da Osmaniye ve Şırnak istasyonlarına ait K_i değeri mevcut olmadığından bu istasyonlar için kıyas yapılamamıştır.

Aynı yöntemle Cebeci vd. (2013), Ankara Yenimahalle Güvenç Havzası için 25 yıllık verilerle kuraklık indisini her yıl için ayrı hesaplamış, havzanın ortalama indis değerini 112.6 olarak bulmuş ve bu çalışmadaki Ankara istasyonu için elde edilen indis değeri ile benzer şekilde kurak olarak sınıflandırmıştır.

Önceki indis değerleri ile karşılaştırıldığında yedi ilde değişiklik görülürken diğer illerde indis değeri aynı kalmıştır. Buna göre Kırklareli'nde kuraktan yarı nemliye, Samsun'da yarı nemliden nemliye geçiş belirlenirken Sakarya ve Düzce'de nemliden yarı nemliye, Yalova'da yarı nemliden kurağa, Aksaray ve Denizli'de ise kuraktan çok kurağa geçiş belirlenmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'ye göre kurak ve çok kurak bölgede yer alan Dalaman havzası için Doğan vd. (1999) da çalışma sonucuyla uyumlu şekilde kuraklık indis değerini çok kurak olarak tanımlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre kuraklığın alansal dağılımı incelenmiş ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'e göre son 15 yılda ülkemizde nemli alanlar %0.01 ve kurak alanlar %1.79 oranında azalma gösterirken yarı nemli alanlarda %1.25 ve çok kurak alanlarda %0.56 oranında artış olmuştur. Bir diğer deyişle nemli ve kurak alanlar yerini yarı nemli ve çok kurak alanlara bırakmıştır.

Ülkemizdeki kuraklık olayının 15 yılda ne ölçüde değişim gösterdiğini belirlemek ve belirtmek için çalışmada elde edilen kuraklık indis değerleri ve Doğan ve Denli (1999)'daki illere ait kuraklık indis değerlerine göre Türkiye'nin önceki ve sonraki kuraklık haritaları çizilmiştir. Doğan ve Denli (1999)'daki illere göre kuraklık indisi haritası Şekil 1'de ve 2000-2016 yıllarını içeren kuraklık indisi haritası Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 1'e göre İç Anadolu Bölgesi'nin neredeyse tamamı kurak olarak tanımlanırken bu durumun Şekil 2'ye göre, özellikle bölgenin güneyinde, çok kurağa doğru yavaş bir geçiş yönünde değiştiği görülmektedir. Her iki harita karşılaştırıldığında özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerindeki çok kurak iklim geçiş göze çarpmaktadır.

Çizelge 2. Bagnouls Gausson Kuraklık İndisi, indis değeri ve kuraklık tanımı
Table 2. Bagnouls Gausson aridity index, index rate and aridity definition

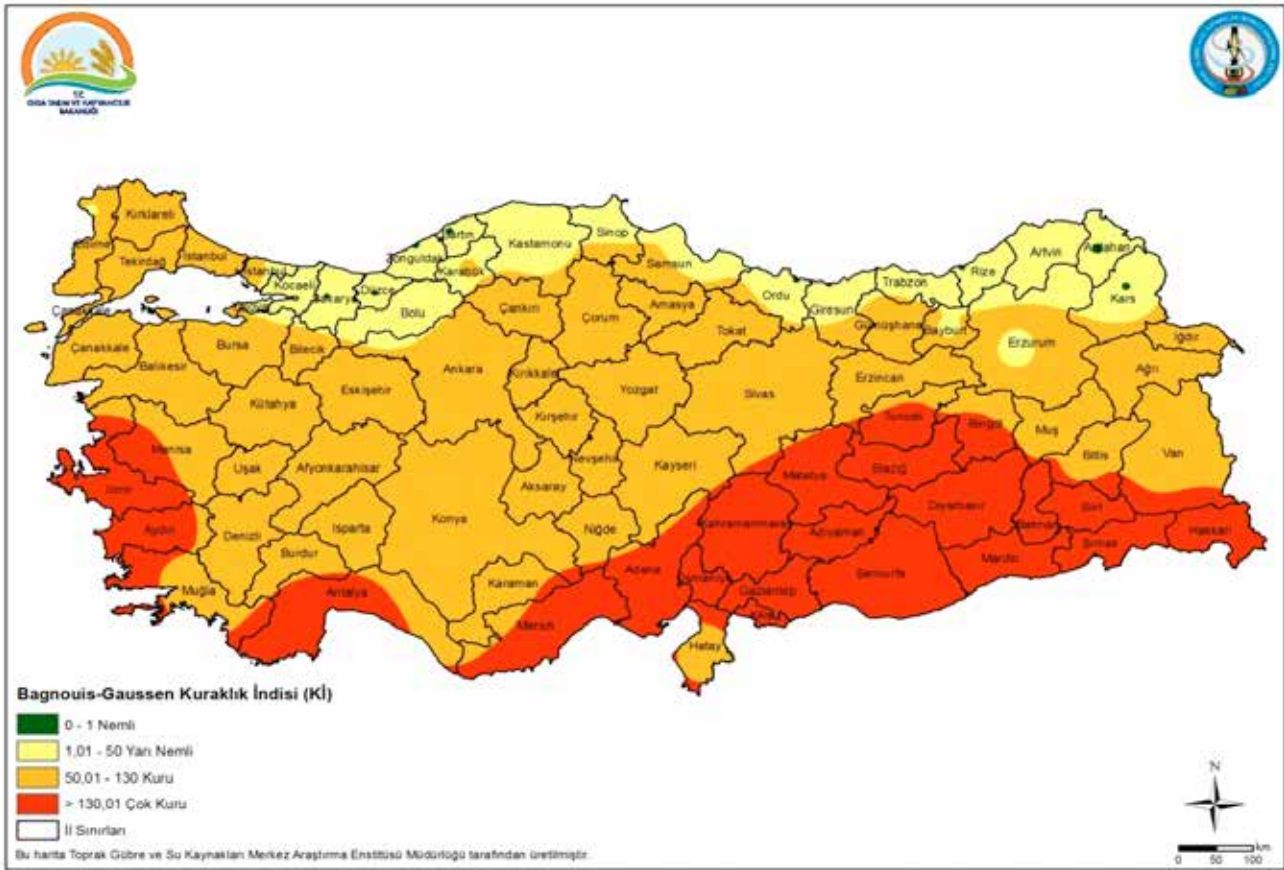
İller	2000-2016			2000'den önce		
	Kİ	İndis Değeri	Tanım	Kİ	İndis Değeri	Tanım
Sakarya	11.5	2	yarı nemli	0.0	1	nemli
Ardahan	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Bingöl	143.5	4	çok kurak	148.0	4	çok kurak
Tunceli	151.8	4	çok kurak	150.8	4	çok kurak
Kırklareli	38.1	2	yarı nemli	52.2	3	kurak
Mersin	205.0	4	çok kurak	182.5	4	çok kurak
Yalova	50.9	3	kurak	45.7	2	yarı nemli
Sinop	19.5	2	yarı nemli	24.1	2	yarı nemli
Burdur	119.3	3	kurak	117.0	3	kurak
Konya	120.6	3	kurak	119.0	3	kurak
Gaziantep	173.0	4	çok kurak	187.8	4	çok kurak
Van	118.3	3	kurak	112.5	3	kurak
Nevşehir	96.8	3	kurak	92.4	3	kurak
Kayseri	87.4	3	kurak	90.1	3	kurak
Ordu	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Giresun	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Tekirdağ	58.0	3	kurak	71.6	3	kurak
Çanakkale	127.7	3	kurak	111.8	3	kurak
Bursa	76.8	3	kurak	61.1	3	kurak
Şanlıurfa	256.0	4	çok kurak	255.3	4	çok kurak
İstanbul	81.9	3	kurak	64.5	3	kurak
Sivas	82.6	3	kurak	78.1	3	kurak
Bayburt	38.2	2	yarı nemli	45.9	2	yarı nemli
Rize	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Malatya	176.5	4	çok kurak	165.5	4	çok kurak
Gümüşhane	63.2	3	kurak	64.2	3	kurak
Kastamonu	9.7	2	yarı nemli	35.6	2	yarı nemli
Kocaeli	11.0	2	yarı nemli	15.5	2	yarı nemli
Çorum	59.5	3	kurak	65.4	3	kurak
Manisa	140.3	4	çok kurak	153.4	4	çok kurak
Afyonkarahisar	67.5	3	kurak	71.6	3	kurak
Kırıkkale	111.5	3	kurak	107.3	3	kurak
Osmaniye*	106.9	3	kurak	-	-	-
Muğla	116.5	3	kurak	126.4	3	kurak
Edirne	46.5	2	yarı nemli	49.5	2	yarı nemli
Siirt	204.6	4	çok kurak	202.6	4	çok kurak
Uşak	91.3	3	kurak	98.9	3	kurak
Kilis	214.8	4	çok kurak	205.0	4	çok kurak
Hakkari	135.1	4	çok kurak	141.6	4	çok kurak
Diyarbakır	198.6	4	çok kurak	212.8	4	çok kurak
Bitlis	96.3	3	kurak	111.8	3	kurak

Çizelge 2. devamı
Table 2.

İller	2000-2016			2000'den önce		
	Kİ	İndis Değeri	Tanım	Kİ	İndis Değeri	Tanım
Zonguldak	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Şırnak*	189.9	4	çok kurak	-	-	-
Antalya	175.5	4	çok kurak	195.1	4	çok kurak
Bilecik	72.2	3	kurak	67.1	3	kurak
Karabük	53.5	3	kurak	53.0	3	kurak
Isparta	81.0	3	kurak	90.3	3	kurak
Erzurum	45.7	2	yarı nemli	33.5	2	yarı nemli
Düzce	16.5	2	yarı nemli	0.0	1	nemli
Çankırı	71.6	3	kurak	80.5	3	kurak
Aksaray	137.3	4	çok kurak	115.5	3	kurak
Mardin	217.0	4	çok kurak	207.8	4	çok kurak
İzmir	161.7	4	çok kurak	180.9	4	çok kurak
Antakya	118.7	3	kurak	93.5	3	kurak
Karaman	128.5	3	kurak	124.5	3	kurak
Trabzon	9.4	2	yarı nemli	11.0	2	yarı nemli
Ağrı	56.4	3	kurak	63.7	3	kurak
Batman	202.2	4	çok kurak	210.6	4	çok kurak
Adana	151.8	4	çok kurak	158.2	4	çok kurak
Kahramanmaraş	202.3	4	çok kurak	193.6	4	çok kurak
Balıkesir	98.2	3	kurak	119.5	3	kurak
Tokat	92.3	3	kurak	82.5	3	kurak
Aydın	169.8	4	çok kurak	171.4	4	çok kurak
Artvin	14.7	2	yarı nemli	29.8	2	yarı nemli
Bartın	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Samsun	0.5	1	nemli	25.2	2	yarı nemli
Amasya	88.9	3	kurak	99.0	3	kurak
Kütahya	60.4	3	kurak	59.6	3	kurak
Iğdır	122.3	3	kurak	110.0	3	kurak
Bolu	35.1	2	yarı nemli	30.3	2	yarı nemli
Kars	0.0	1	nemli	0.0	1	nemli
Yozgat	61.4	3	kurak	65.9	3	kurak
Eskişehir	94.8	3	kurak	84.7	3	kurak
Niğde	115.1	3	kurak	113.3	3	kurak
Elazığ	173.3	4	çok kurak	170.3	4	çok kurak
Ankara	91.0	3	kurak	89.4	3	kurak
Kırşehir	98.2	3	kurak	107.5	3	kurak
Muş	129.2	3	kurak	124.4	3	kurak
Denizli	146.5	4	çok kurak	127.5	3	kurak
Erzincan	118.5	3	kurak	108.1	3	kurak
Adıyaman	213.4	4	çok kurak	213.9	4	çok kurak

Çizelge 3. Türkiye’de kuraklık durumunun alansal dağılımı
Table 3. Areal distribution of the drought situation in Turkey

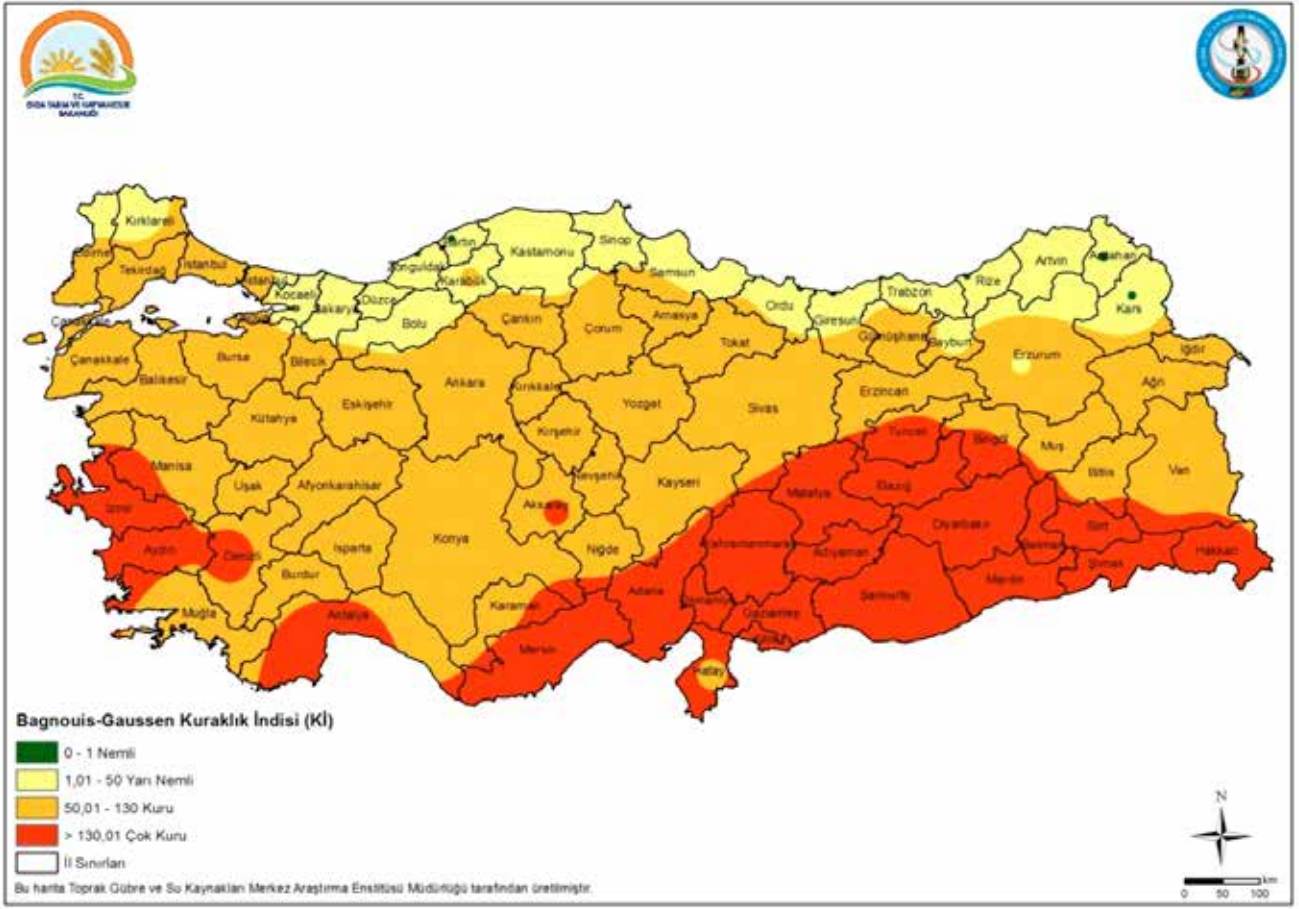
Kuraklık Sınıfı	Tanımı	2000-2016		2000’den önce		Fark %
		Alan km ²	%	Alan km ²	%	
1	Nemli	547.35	0.07	606.42	0.08	-0.01
2	Yarı Nemli	108073.23	13.85	98350.26	12.61	1.24
3	Kurak	456425.01	58.51	470423.05	60.30	-1.79
4	Çok Kurak	215036.17	27.57	210701.99	27.01	0.56
Toplam		780081.76	100.00	780081.72	100.00	



Şekil 1. Türkiye’de 2000’den önce KI dağılımı
Figure 1. KI distribution before 2000 in Turkey

Türkiye’nin iklim yapısı gereği genel olarak sıcaklıklar güneyden kuzeye doğru azalmaktadır. Buna paralel olarak Şekil 2’ye göre kuzeyden güneye doğru kuraklık artış gösterirken; Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinin bir bölümü ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi çok

kurak, Trakya’nın kuzey bölümü ile Karadeniz kıyıları ise yarı nemli sınıfta yer almıştır. Nemli sınıf sadece yağışların fazla sıcaklığın az olduğu Karadeniz kıyılarında yer alırken iç bölgeler kurak özellik göstermiştir.



Şekil 2. Türkiye’de 2000-2016 yılları KI dağılımı
Figure 2. KI distribution between 2000 -2016 in Turkey

SONUÇLAR

İnsanlığın var oluşundan buyana toplumlar uygun iklim koşulları olan bölgelere yerleşmişlerdir. Bölgedeki iklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarında meydana gelen azalma, sert rüzgarlar ve sıcaklığın aşırı artması gibi olaylar insanları yaşadığı yerleri bırakmaya zorlamıştır. Önceden doğal nedenlerle oluşan bu olaylar günümüzde doğal nedenlerin yanı sıra insan etkisi ile meydana gelmektedir. Türkiye sahip olduğu coğrafi özellikler nedeniyle dünyanın varoluşundan bu yana iklim değişikliğinden en çok etkilenen ülkeler arasında yer almıştır.

Çalışmanın sonucunda Türkiye'nin hangi bölgelerinde kuraklık eğiliminde olduğu görülebilmektedir. İklim ve coğrafi koşullar dikkate alındığında Türkiye'deki çok kurak alanlar Güney Doğu Anadolu Bölgesi ile Ege ve Akdeniz Bölgelerinin büyük bir kısmında özellikle dikkat çekmektedir. Nemli ve yarı nemli alanlar sadece Karadeniz kıyılarında görülürken İç ve Doğu Anadolu'da kuraktan çok kurak iklime doğru

geçiş dikkat çekmiştir. Sadece 15 yılda ülkemizde alansal olarak %1.80 oranında kuraklık eğilimi artış göstermiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre ülkemizde görülen kuraklık etkilerini en aza indirmek amacıyla etkin eylem planı uygulanmalı, konuyla ilgili farkındalık yaratmak için toplumsal bilinç oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

Cebeci İ, Öztürk F, Sarısamur F, Cebel H (2013). Güvenç Havzası aşındırıcı güç indisleri ve kurak dönemlerin belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 2 (1): 15-22.

Doğan O, Denli Ö (1999). Türkiye'nin yağış-kuraklık-erozyon indisleri ve kurak dönemleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 209.

Doğan O, Özel ME, Küçükçakar N, Yıldırım H (1999). Dalaman Havzası erozyon haritalama pilot projesi. TEMA, TÜBİTAK-MAM ve Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Ortak Projesi, İstanbul.

MGM (2017a). Erişim: <https://www.mgm.gov.tr/>.

MGM (2017b). 2016 Yılı iklim değerlendirmesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Erişim: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2016-iklim-raporu.pdf>.

Öztürk K (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (1): 47-65.

World Bank (2016). High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy. Washington, D.C.:World Bank Group. Erişim: <http://documents.worldbank.org/curated/en/862571468196731247/High-and-dry-climate-change-water-and-the-economy>.

Buğday Verimi ve Biyokütlesi ile Uzaktan Algılama Vejetasyon İndisleri Arasındaki İlişkilerin Tarımsal İklim Bölgeleri Bazında Değerlendirilmesi

Murat GÜVEN TUĞAÇ^{1,*}  Harun TORUNLAR¹  Erol KARAKURT¹  Sinan AYDOĞAN¹ 

¹Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: muratguven.tugac@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received): 22.05.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655617

Öz

Tarımsal ürünlerin izlenmesi ve verim öngörülerinin yapılmasında uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indisleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Meteorolojik faktörlerdeki değişimler ve özellikle düzensiz yağış rejimi farklı ekolojik bölgelerde olumlu ve olumsuz etkiler göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, Tarımsal İklim Bölgeleri (TİB) bazında, spektral vejetasyon indisleri ile verim ve biyokütle arasındaki ilişkilerin araştırılması ve zamansal bazda etkili vejetasyon indislerinin belirlenmesidir. Bu kapsamda, TİB'in oluşturulmasında; Kuraklık indisi ve Etkili Sıcaklık Toplamı (EST) parametreleri kullanılarak 5 farklı bölge belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında, Ankara ve Konya illerinde buğday ekili 108 parsellerden bitki örnekleme yapılarak verim ve biyokütle değerleri elde edilmiştir.

Bitki gelişme dönemi boyunca, MODIS uydu görüntüsünden elde edilen 15 farklı döneme ait Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) ile Zenginleştirilmiş Bitki İndeksi (EVI) kullanılmıştır. Vejetasyon indisleri ile biyokütle ve verim arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Vejetasyon indisleri ile biyokütle arasında en yüksek ilişki; NDVI için Mayıs ayında, 12. dönem (%75) ve 13. dönem (%72), EVI için 12. dönem (%71) ve 13. dönemde (%72) gerçekleşmiştir. Vejetasyon indisleri ile verim arasında en yüksek korelasyon 12. dönemde, NDVI (%72) ve EVI (%70) olarak tespit edilmiştir. Bitki gelişim dönemi içinde 12. ve 13. dönemler başaklanma/çiçeklenme dönemine karşılık gelmektedir.

Parametrelerin önemlilik düzeylerine ($p < 0.05$) göre doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuştur. TİB bazında belirlenen vejetasyon indisleri için oluşturulan modellerde R^2 değerleri, biyokütle-NDVI arasında 0.16 ile 0.84 arasında değişirken alanın bütünü için 0.56 oranında ve biyokütle-EVI arasında 0.24 ile 0.68 arasında değişirken alanın bütünü için 0.52 düzeyindedir. Bu oranlar verim ve NDVI arasında 0.28 ile 0.72 arasında değişirken alanın bütününde 0.53 ve verim-EVI arasında 0.32 ile 0.54 arasında değişirken alanın bütünü için 0.48 düzeyindedir. TİB bazında yapılan tahmin modellerinde alanın bütünü için yapılan modele göre daha yüksek düzeyde ilişkiler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Biyokütle, EVI, NDVI, tarımsal iklim bölgeleri, verim

Evaluation of the Relationships Between Wheat Yield and Biomass with Remote Sensing Vegetation Indices on the basis of Agricultural Climate Regions

Abstract

Vegetation indices obtained from satellite images are widely used in the monitoring of agricultural crops and the prediction of yields. The changes in meteorological factors and especially the irregular rainfall regime have positive and negative effects on different ecological regions. The aim of this study is to investigate the relationships between spectral vegetation indices, yield and biomass on the basis of agricultural climatic regions (ACZ) and to determine effective vegetation indices on a temporal basis. In this context, 5 different regions were determined by using aridity index and growing degree days (GDD) parameters in establishing ACZ. In the field studies, the plant samples were collected from 108 plots of wheat cultivated in Ankara and Konya provinces and yield and biomass values were obtained.

During the crop growing period, Normalized Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) of 15 different periods from MODIS satellite image were used. The relationship between vegetation indices and biomass and yield was examined by Pearson correlation coefficient. The highest correlation between vegetation indices and biomass was observed in May in 12th period (75%) and 13th period (72%) for NDVI, 12th period (71%) and 13th period (72%) for EVI. The highest correlation rate between vegetation indices and yield was determined as NDVI (72%) and EVI (70%) in the 12th period. During the vegetation period, the 12th and 13th periods correspond to the heading / anthesis period.

Linear regression models were created according to the significance levels ($p < 0.05$) of the parameters. The R^2 values for the vegetation indexes determined for ACZ-based models ranged from 0.37 to 0.87 for biomass-NDVI and 0.56 for the whole area, 0.24 to 0.68 for the biomass-EVI and 0.52 for the whole area. These ratios vary between 0.28 and 0.72 between yield and NDVI, whereas 0.53 in whole area. The yield-EVI ranges from 0.32 to 0.54, while it is 0.48 for the whole area. In ACZ based estimation models, a higher level of relationship was obtained than the model made for the whole area.

Keywords: Agricultural climate regions, biomass, EVI, NDVI, yield

GİRİŞ

Gıda gereksinimi, nüfusun artışı ve ortalama gelirin yükselmesine bağlı olarak giderek artmaktadır (UN-DESA, 2013). Gıda üretimini ve tarımsal verimliliği belirleyen en önemli faktörden birisi iklimdir. Tarımsal üretim; sıcaklık, yağış ve buharlaşma gibi iklim faktörlerinin etkisi altındadır. Bitkinin gelişim dönemi boyunca zamana bağlı olarak sıcaklık ve yağışın dağılımı ve miktarı tarımsal üretim düzeyini belirlemektedir.

Bitki gelişimi ve verimlilikte bölgeler arasındaki ekolojik farklılıklar büyük rol oynamaktadır (Bauma, 2005). Bir bölge içinde benzer iklim, toprak ve topografik koşullara sahip alanların bir araya getirilmesiyle oluşan bölgeler tarımsal ekolojik bölgeler (TEB) olarak tanımlanır (FAO,

1996). Bu alanlarda, iklimsel koşulların çeşitliliğini belirlenmesinde en önemli parametrelerin bir tanesi Tarımsal İklim Bölgeleri (TİB) dir.

Tarımsal İklim Bölgeleri, nemlilik rejimi, bitki büyüme uzunluğu ve mevsimsellik temelinde ekolojik koşulları temsil etmektedir. Bölgeselleştirme yaklaşımı ile; verim çeşitliliği ve bitki gelişimini sınırlayıcı faktörleri tanımlaması (Caldiz vd., 2002; Williams vd., 2008), optimum yetiştirme tekniğinin belirlenmesi (Seppelt, 2000), verim eğilimlerinin karşılaştırılması (Gallup ve Sachs, 2000), işletmelerin üretimi artırmak ve yeni üretim teknolojileri için uygun alanların belirlenmesi (Geerts vd., 2006; Araya vd., 2010) ve iklim değişikliğinin tarım üzerindeki

etkilerinin analiz edilmesinde (Fischer vd., 2005) kullanılmaktadır. Bölgeselleştirme analizinde, farklı ekolojik parametrelerinin bir araya getirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri etkin olarak kullanılmaktadır (FAO, 1996). Ayrıca, bu bölgeler teknolojinin benimsenmesini kolaylaştırmakta ve bu tür teknolojilerin ve araştırmaların verimliliği arttırdığı iklimlerin büyüklüğü, konumu ve özellikleri hakkında fikir vererek yenilikçi yaklaşımları teşvik edilmesini sağlamaktadır. Mevcut ekim alanlarının verimliliğini artırmak için gelecekte yeni tarım yöntemlerinin uygulanabileceği benzer bölgeleri belirlemeye yardımcı olmaktadır.

Vejetasyon indisleri bitkilerin zaman bağlı olarak gelişimlerdeki farklılıkların ortaya konulmasında kullanılan en etkili yöntemlerden birisidir (Lu vd., 2005). Vejetasyon indisleri uzaktan algılama gözlemleri ve bitki karakteristikleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi bulmak için geliştirilmiştir. Bu indeksler ile su stresi, azot seviyesi gibi bitki gelişimine büyük etkisi olan faktörlerin bitkiler üzerindeki etkileri izlenebilmektedir. Kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bölgelerindeki spektral yansımaları doğrudan bitki biyokütlesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Vejetasyon indislerini oluşturan kırmızı ve NIR spektral dalga bantlarının matematiksel kombinasyonları, spektrumun her iki bölgesinde bitki yansımada kullanılmaktadır (Lusch, 1999).

Vejetasyon indis değerleri teorik olarak (-1) ile (+1) arasında değişmektedir. Yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken bulutlar, su ve kar düşük (eksi) indeks değerlerine sahiptir. Çıplak toprak ve zayıf bitki örtüsü durumunda ise sifıra yakın değeri gösterir (Kogan, 1994). Düşük indeks değerine sahip alanlar kuraklık, hastalık ve zararlılar, yetersiz yetiştirme tekniği uygulamaları gibi çeşitli nedenlerle zayıf bitki gelişiminin olduğu bölgeleri işaret etmektedir. Diğer taraftan yüksek indeks değerleri ise bitki gelişiminin sağlıklı olduğu yerleri göstermektedir.

Bitki gelişim indisleri arasında en yaygın olarak kullanılan vejetasyon indisleri içinde yer alan Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) ve Zengilleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) dir. Bu vejetasyon indisleri ile bitkilerin biyokütle miktarı, kuraklık, yaprak alan indeksi ve verim ile anlamlı

ilişkiler geliştirilmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen bu indisler; bitki gelişiminin izlenmesi (Minamiguchi, 2005), ürün haritalama (Zhang vd., 2011) ve verim tahmini (Balaghi vd., 2008; Kouadio vd., 2014) amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Tarımsal İklim Bölgeleri bazında buğday'ın gelişme dönemi boyunca orta çözünürlüklü MODIS vejetasyon indisleri ile izlenerek verim ve biyokütle arasındaki ilişki düzeyleri araştırılmıştır. Vejetasyon indislerinin zamansal olarak TİB'nde etkili olduğu dönemler belirlenerek regresyon modelleri oluşturulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

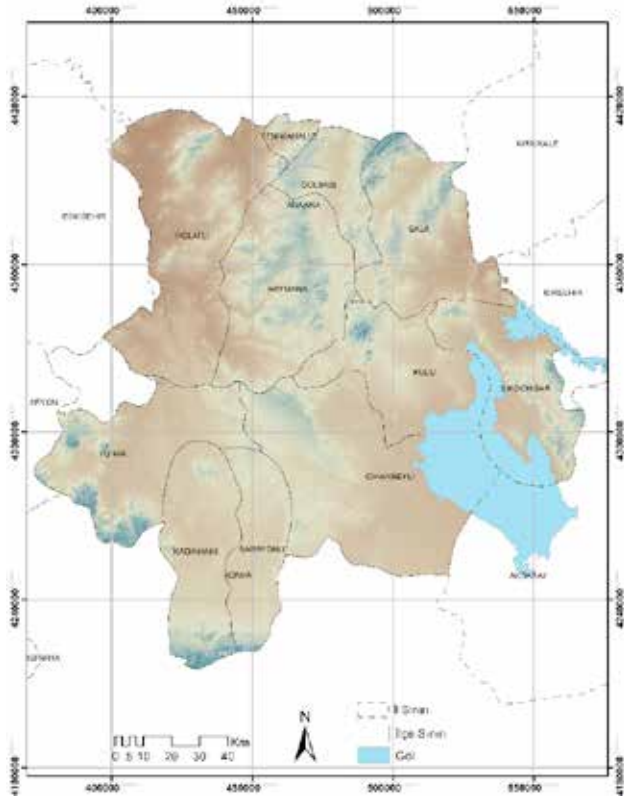
Çalışma alanı

Çalışma alanı, Orta Anadolu Bölgesinde nadas-tahıl tarım üretiminin yoğun olarak yapıldığı Ankara ilinde; Polatlı, Yenimahalle, Bala, Gölbaşı, Haymana, Ş.Koçhisar ilçeleri ile Konya ilinde Kulu, Cihanbeyli, Yunak, Kadıhanı Ve Sarayönü ilçelerini kapsamaktadır. Çalışma alanı, batısında Sakarya nehri, doğusunda Kızılırmak nehri ve güneydoğusunda Tuz gölü ile sınır oluşturmaktadır. Alanın yaklaşık yüzölçümü 23.000 km² dir (Şekil 1). Yükselti, 600 m ile 2000 m arasında değişmektedir. Yarı kurak iklim rejiminin hakim olduğu bölgede, yıllık ortalama sıcaklık 11.7 °C ve yıllık yağış toplamı 360 mm dir.

Veri kaynakları

Modis-Terra (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indislerinden, NDVI ve EVI bitki gelişim indisleri kullanılmıştır. Modis uydu görüntüsünün mekansal çözünürlüğü 250 m ve zamansal çözünürlüğü 1-2 gündür. Modis görüntülerinden üretilen vejetasyon indisleri yıl içinde 23 adet görüntü içeren 16 günlük maksimum kompozit verilerdir.

İklim verilerinin elde edilmesinde; Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından üretilen. 1975-2015 yılları arasında meteorolojik istasyonlara ait uzun yıllar günlük verileri içeren iklim veri tabanından elde edilen; minimum, maksimum, ortalama sıcaklık, yağış, nispi nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area

Bitki örnekleme, 2016 yılı temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Bitki örnekleri, kuru şartlarda ekmeleklik buğday üretimi yapılan lokasyonlarında ve parselin üç farklı noktasından 1 m² lik alanlarda yapılmıştır. Örnekleme lokasyonları, ekolojik bölge içinde bulunan ilçelerin kuru tarım alanlarının yoğunluğu dikkate alınmış ve seçilen ilçelere bağlı köyler de rastgele örnekleme yöntemi ile çiftçi parselleri belirlenerek yapılmıştır.

İklim parametrelerinin mekânsal dağılımı

İklim verileri, günlük veri formatından istasyon bazında aylık ortalama verilere dönüştürülmüştür. Meteorolojik istasyonlara ait uzun yıllar aylık ortalamaları içeren noktasal bazlı iklim verileri ile 90 metre çözünürlüklü SRTM (Space Radar Topography Mission) Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi ile entegre edilmiştir. Bu amaçla Hutchinson'un (1995) "thin-plate smoothing spline" enterpolasyon tekniği ve ANUSPLIN yazılımı (Hutchinson, 2000) kullanılmıştır. Bu teknikte, hücre bazda rastgele dağılmış noktasal veriler yükseklik faktörü de dikkate alınarak, alana yayılması ve her hücrenin sayısal olarak değerini tahmin edilmesini sağlayan istatistiksel bir yaklaşımdır. İklim yüzey haritaları, CLIMAP

(Pertziger ve De Pauw, 2002) programı aracılığıyla raster veri formatında üretilmiştir.

Tarımsal iklim bölgeleri

Tarımsal iklim bölgeleri (TİB), nemlilik rejimi ve etkili sıcaklık toplamı (EST) olmak üzere iki alt kapsamdan oluşmaktadır. Bu kapsamda; nemlilik rejimi, yıllık toplam yağışın potansiyel evapotranspirasyon miktarına oranını ifade etmektedir. Bu oran aynı zamanda kuraklık indisi (KI) olarak ifade edilmektedir (UNEP, 1993). Referans buharlaşma değeri günlük bazda iklim verileri (minimum, maksimum, ortalama sıcaklık, yağış, nispi nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi) kullanılarak Penman-Monteith (Allen vd., 1998) metoduna göre Eşitlik 1 de verilmiştir. Bu yaklaşımda, yağışla sağlanan su miktarı yanında ihtiyaç duyulan su talebi de dikkate alınmaktadır. Nemlilik rejimi kendi içinde; yarı kurak-kurakça ve yarı kurak-nemlice olarak sınıflandırılmıştır (Türkes, 1999).

(Eşitlik 1)

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T - 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 - 0.34 u_2)}$$

Eşitlikte; ET₀: referans buharlaşma değeri (mm/gün), T: ortalama sıcaklık (°C), Δ: buhar basıncı (kPa °C⁻¹); γ: psikrometrik sabit (kPa °C⁻¹), G: toprak ısı akış yoğunluğu (MJ m⁻² d⁻¹), R_n: net radyasyon (MJ m⁻² d⁻¹), e_s: Saturasyon buhar basıncı (kPa), e_a: Gerçek buhar basıncı u₂: 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/s) dir.

Etkili Sıcaklık Toplamı (EST), ürünün gelişiminin fenolojik dönemler bazında değerlendirildiği sıcaklığa dayalı bir göstergedir. Sıcaklık ve ışık bitkisel üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Bitki gelişme dönemi boyunca farklı fenolojik dönemlerin oluşumu sıcaklık ile ilişkili olarak toplam derece gün miktarı ile hesaplanmaktadır (Gouri vd., 2005). Buğday'ın gelişiminde belirleyici olan EST gelişme dönemi boyunca Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır (McMaster ve Wilhelm, 1997).

$$EST = \sum_1^n (T_a - T_b) \quad T_a \geq T_b \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$EST = 0. \quad T_a < T_b$$

Bu eşitlikte; T_a günlük ortalama sıcaklık, $T_a = (T_{mak} + T_{min})/2$, T_{mak} günlük maksimum sıcaklık, T_{min} : günlük minimum sıcaklık, T_b : bitki büyüme sıcaklığı eşiği (buğday için $5\text{ }^\circ\text{C}$) dir. Tarımsal İklim Bölgelerini oluşturan parametrelere ait sınıf değerleri Çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge 1. Tarımsal iklim bölgeleri sınıfları

Table 1. Agro-climatic zones classes

Parametre	Sınıf	Açıklama
Ki	0.20 - 0.35	Yarı kurak-kurakça
	0.35 - 0.50	Yarı kurak-nemlice
	0.50 - 0.75	Yarı nemli
EST	< 1900	Soğuk
	1900 - 2400	Serin
	2400 - 2700	Sıcak
	2700 - 3000	Çok sıcak
	>3000	Aşırı sıcak

Vejetasyon indisleri

Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI), vejetasyonun fotosentez kapasitesinin bir göstergesi olarak yakın kızılötesi (NIR) dalga boyu ile kırmızı (RED) bölge dalga boyunun farkının toplamına oranı olarak aşağıdaki Eşitlik 3 de ifade edilmiştir (Tucker, 1979).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), atmosfer koşulları ve toprak zemini gibi çevresel faktörlerin olumsuz etkileri azaltılmıştır (Huete vd., 2002). EVI vejetasyon indisi Eşitlik 4 te verilmiştir.

$$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + C_1 \times \rho_{red} - \rho_{blue} + L} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Bu eşitlikte, EVI algoritmasında kullanılan ampirik katsayılar, $L = 1$. $C_1 = 6$. $C_2 = 7.5$ ve $G = 2.5$ dir. Hem EVI hem de NDVI indeks değerleri -1 ile 1 arasında değişmekte olup yüksek pozitif değerler sağlıklı yeşil bitki örtüsünü göstermektedir. Kayalık ve çıplak alanlar sıfıra yakın değerlere, su ve kar ise negatif değerlere sahiptir.

İstatistiksel analiz

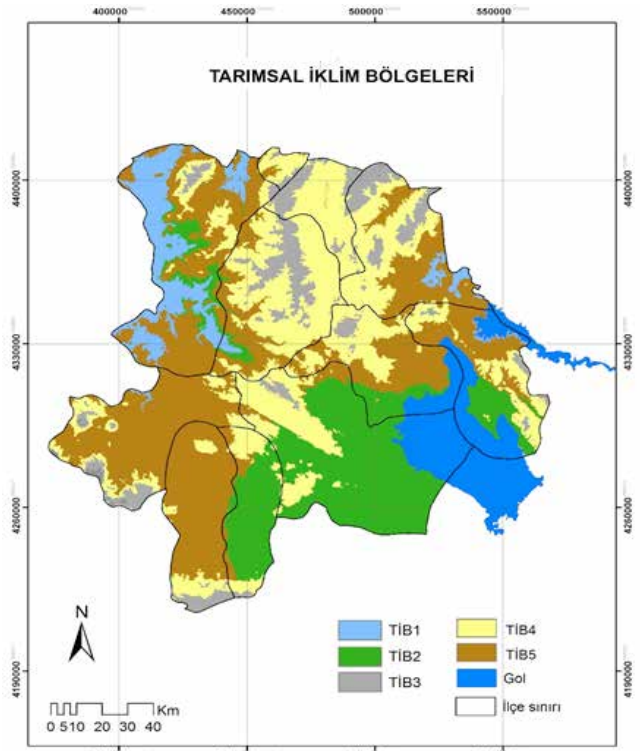
Bu çalışmada, kışık buğday'ın verim ve biyokütlesi ile MODIS uydu görüntüsünden elde edilen bitki gelişim indisleri arasındaki istatistiksel ilişkilerin belirlenmesinde, doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon modellerinde tahmin edilmek istenen bağımlı değişken olarak

verim ve biyokütle, bağımsız değişkenler ise; gelişme dönemi boyunca uydu görüntülerinden elde edilen NDVI ve EVI bitki gelişim indisleridir. Bu analiz ile TİB bazında gelişme dönemi boyunca etkili bitki gelişim indislerinin belirlenerek verim ve biyokütleyle olan ilişki düzeyleri belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

TİB, temel iklim parametrelerinin kullanılması sonucu üretilen nemlilik ve sıcaklık rejimi indislerinden oluşturulmuştur. Nemlilik rejimi aynı zamanda kuraklık indisi olarak ifade edilmektedir. Yarı kurak iklim şartlarının hakim olduğu bölgede, bölgeler arasındaki farklılığının ortaya çıkması için yarı kurak kurakça ve yarı kurak nemlice olmak üzere iki alt kapsama ayrılmıştır. Diğer bir ana parameter olan sıcaklık rejiminin belirlenmesinde, Etkili Sıcaklık Toplamı (EST) parametresi kullanılmıştır. EST ürünün bitki gelişim dönemi uzunluğunun belirlenmesinde kullanılan ana parametrelerden birisidir. Bu kapsamda, buğday'ın bölgesel bazda gelişimindeki farklılıkları belirlenmiştir.

Çalışma alanı 5 farklı tarımsal iklim bölgesini içermektedir (Şekil 2). En yaygın olan bölge TİB5 (%33.8) olurken bu bölgeyi sırasıyla; TİB4 (%27.6), TİB2 (%23.9), TİB3 (%7.3) ve TİB1 (%7.2) bölgeleri



Şekil 2. Çalışma alanı
Figure 2. Study area

Çizelge 2. TIB bazında biyokütle ve verim değerleri
Table 2. Biomass and yield values on TIB basis

TIB	Biyokütle (kg/da)				Verim (kg/da)			
	Ort	Min	Mak	Std_hata	Ort	Min	Mak	Std_hata
1	886.2	731.1	1009.6	27.2	369.2	285.2	430.0	14.3
2	667.8	281.5	1232.0	57.5	255.8	105.0	470.0	23.2
3	1040.6	827.4	1324.4	63.7	386.5	277.0	509.3	26.8
4	964.7	600.0	1389.0	36.2	355.2	199.3	506.7	13.4
5	846.1	294.1	1411.9	48.9	327.5	121.5	512.2	17.6

takip etmektedir. TIB5 bölgesinde rakım 850 m ile 1000 m arasında değişim gösterirken iki hat boyunca yayılım göstermektedir. (1) Polatlı, Yunak ve Kadıhanı ilçeleri boyunca, (2.) Kulu, Bala, ve Ş.koçhisar ilçelerini kapsamaktadır.

TIB1 bölgesi, en yüksek sıcaklık toplamına (EST > 3000 derece gün) sahip bölge olup Polatlı ilçesinde sakarya nehri boyunca, 800 m rakıma kadar olan alanlarda dağılım göstermektedir. TIB3 bölgesi ise serin iklim bölgesi sınıfında olup Haymana ilçesinde 1200 m üzerinde rakımlı alanları kapsayan ve çalışma alanı içerisinde EST değeri en düşük (1900-2400 derece gün) bölgeleri kapsamaktadır. Tuz gölü ve çevresinde yaygın olarak dağılım göstermekte olan TIB2 bölgesi ise yarı kurak-kurakça nemlilik rejiminde ve EST değeri 2700-3000 derece gün olan bölgeleri karakterize etmektedir. TIB3 bölgesi ise çalışma alanının orta kesimi boyunca ve 1000-1200 m rakıma sahip olan Haymana, Gölbaşı ve Bala ilçelerinde yaygın bir dağılım göstermektedir.

Arazi çalışmalarında, 108 lokasyondan bitki mataryeli toplanmıştır. TIB bazında toplanan bitki örneklerine ait verim ve biyokütle değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. En yüksek verim değeri TIB3 de 386.5 kg/da olurken, en düşük verim ortalaması TIB2 de 255.8 kg/da dir. Biyokütle açısından en yüksek verim TIB3 de 1040.6 da/kg iken en düşük değer TIB2 de 667.8 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

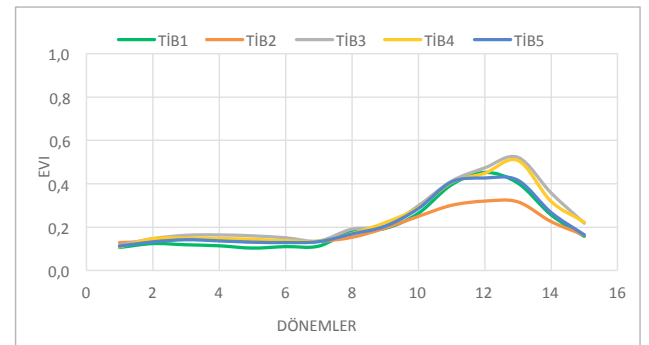
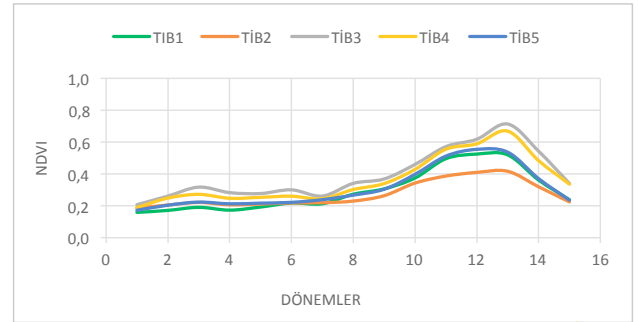
Çizelge 3. Vegetasyon indis dönemleri
Table 3. Vegetation indices periods

Dönem	Tarih	Dönem	Tarih
1	01 Kasım-16 Kasım	9	06 Mart-21 Mart
2	17 Kasım-02 Aralık	10	22 Mart-06 Nisan
3	03 Aralık- 18 Aralık	11	07 Nisan-22 Nisan
4	19 Aralık- 03 Ocak	12	23 Nisan-08 Mayıs
5	01 Ocak-17 Ocak	13	09 Mayıs-24 Mayıs
6	18 Ocak-17 Şubat	14	25 Mayıs-09 Haziran
7	18 Şubat-05 Mart	15	10 Haziran-25 Haziran
8	06 Mart-21 Mart		

Bitki gelişimi boyunca 15 adet dönem için 16 günlük periyotlarda elde edilen vejetasyon indisleri ile verim ve biyokütle arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Bitki gelişim dönemi içinde hem NDVI hem de EVI indislerinin en yüksek değere ulaştığı, başaklanma/çiçeklenme dönemi için 12. ve 13. dönemler öne çıkmıştır. En zayıf gelişim hem NDVI hemde EVI indisleri için TIB2 de gözlenmiştir. En iyi gelişim ise TIB3 de rakımı yüksek olan alanlarda görülmüştür (Şekil 3).

Çalışma alanında, 2015-2016 sezonluk yağış dağılımı fenolojik dönem bazında incelenmiştir (Şekil 4). Ekim işlemi gerçekleştikten sonra ekim ayında düşen yağışlar ile çıkışların gerçekleştiği daha sonra kasım ve aralık ayında yeterli yağışların



Şekil 3. TIB bazında vejetasyon indislerinin zamansal değişimi
Figure 3. Temporal variation of vegetation indices on TIB basis

alınmadığı görülmüştür. Vejetasyon gelişiminin en hızlı olduğu dönemler olan nisan ayında düşük bir yağışın gerçekleşmesi ve mayıs ayının sonlarına doğru yağışların gerçekleşmesi sebebiyle özellikle düşük rakımlı alanlar olumsuz etkilenmiş ve bitkinin strese girdiği parseller gözlenmiştir. Yüksek rakımlı alanların ise başaklanma/çiçeklenme fenolojik dönemi itibariyle yağışlardan daha çok faydalandığı gözlenmiştir. Çalışma alanında en yüksek biyokütle ve verim değerleri TİB3 ve TİB4'ünde içinde olduğu bu bölgelerde elde edilmiştir.



Şekil 4. 2015-2016 sezonu aylık yağış değişimi ve buğday fenolojik dönemleri (Ankara meteorolojik istasyonu)

Figure 4. 2015-2016 season rainfall pattern and wheat phenological stage (Ankara meteorological station)

Çalışma alanının geneli için vejetasyon indisleri ile verim ve biyokütle arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Çizelge 4). Biyokütle için bütün dönemler NDVI için önemli bulunurken, EVI indisi için 2 ve 15. dönemler arasında önemli bulunmuştur. Vejetasyon indisleri ile biyokütle arasında en yüksek ilişki; NDVI için 12. dönem (%75) ve 13. dönem (%72), EVI için 12. dönem (%71) ve 13. dönemlerde (%72) gerçekleşmiştir. Vejetasyon indisleri ile verim arasındaki ilişkiler incelendiğinde NDVI ve EVI için 2 ile 15. dönemler arasında önemli düzeyde ilişkiler bulunmuştur. Vejetasyon indisleri ile verim arasında en yüksek korelasyon oranı 12. dönemde, NDVI (%72) ve EVI (%70) olarak gözlenmiştir. Vejetasyon indislerinin 11 ve 13. dönemler arasında verim ve biyokütle ile yüksek korelasyonların olduğu gözlenmiştir. Bu dönemler buğday'ın vejetatif gelişme dönemi içinde sapa kalkma ile çiçeklenme dönemi arasındaki zamanı kapsamaktadır.

Tarımsal İklim Bölgeleri bazında verim ve biyokütle ile vejetasyon indisleri değerlendirildiğinde, buğday'ın çıkış döneminden başlayarak olgunlaşmaya kadar fenolojik dönem (FD) bazında farklı vejetasyon indislerinin öne çıktığı

Çizelge 4. Biyokütle ve verim ile vejetasyon indisleri arasındaki korelasyon değerleri

Table 4. Correlation rates between biomass and yield and vegetation indices

Dönem	NDVI		EVI	
	Biyokütle	Verim	Biyokütle	Verim
1	0.199*	0.138	0.090	0.048
2	0.411**	0.346**	0.336**	0.297**
3	0.498**	0.417**	0.323**	0.257**
4	0.450**	0.398**	0.344**	0.307**
5	0.427**	0.381**	0.351**	0.302**
6	0.495**	0.467**	0.398**	0.378**
7	0.517**	0.494**	0.413**	0.387**
8	0.534**	0.509**	0.416**	0.399**
9	0.550**	0.525**	0.407**	0.378**
10	0.542**	0.516**	0.479**	0.468**
11	0.688**	0.660**	0.663**	0.609**
12	0.746**	0.726**	0.705**	0.695**
13	0.723**	0.678**	0.719**	0.658**
14	0.611**	0.529**	0.555**	0.465**
15	0.448**	0.336**	0.372**	0.267**

* ilişki 0.05 seviyede önemlidir.

** ilişki 0.01 seviyede önemlidir

görülmüştür. Özellikle, buğday'ın gelişme dönemi içinde sapa kalkma dönemi (SK) ve başaklanma/çiçeklenme dönemi (BÇ) önem taşımaktadır. İstatistik analizler de oluşturulan regresyon modelleri için SK ve BÇ dönemleri bazında bağımsız değişkenlerin önemlilik düzeylerine göre etkili vejetasyon indisleri belirlenmiştir.

Biyokütle ile NDVI arasında en yüksek ilişki TİB1 de SK de %80 ve BÇ dönemlerin de %84 düzeyinde görülmüştür. SK dönemin de, TİB3 (%65) ve TİB5 (%56), BÇ dönemin de ise TİB3 (%60) ve TİB5 (%58) izlemiştir. Biyokütle ile EVI arasında en yüksek ilişki TİB5 de SK dönemin de %62 ve BÇ dönemin de TİB1 de %68 oranında görülmüştür. SK döneminde, TİB3 (%65), BÇ döneminde ise TİB3 (%60) ve TİB5 (%62) düzeyinde gözlenmiştir. Butun lokasyon verilerinin ele alındığında ise biyokütle ile NDVI arasında SK döneminde %47 ve BÇ dönemin de %56, biyokütle ile EVI arasında SK döneminde %66 ve BÇ döneminde %62 oranlarında gerçekleşmiştir (Çizelge 5).

Verim ile NDVI arasında en yüksek ilişki TİB1 de SK de %68 ve BÇ dönemlerin de %72 düzeyinde görülmüştür. SK dönemin de, TİB3 (%54) ve TİB2 (%51), BÇ döneminde ise TİB5 (%56) ve TİB3 (%54) sırasıyla izlemiştir. Verim ile EVI arasında

Çizelge 5. TİB bazında biyokütle ve vejetasyon indisleri arasında istatistiki model değerleri

Table 5. Statistical model values between biomass and vegetation indices on TIB basis

	FD	Biyokütle-NDVI			Biyokütle-EVI		
		Regresyon modeli	p	R ²	Regresyon modeli	p	R ²
TİB 1	SK	$y=590.2+596.7x11$	0.000	0.80	$y=732.4+389.2x11$	0.024	0.49
	BÇ	$y=464.1+803.4x13$	0.000	0.84	$y=609.3+687.3x13$	0.003	0.68
TİB 2	SK	$y=135.8+1322x11$	0.000	0.53	$y=260.5+1355.2x11$	0.006	0.33
	BÇ	$y=267.5+1035.4x12$	0.000	0.51	$y=343.8+1069.3x12$	0.001	0.43
TİB 3	SK	$y=81.9+1550.9x12$	0.016	0.65	$y=440.5+1268.3x12$	0.015	0.65
	BÇ	$y=343.6+1283.3x14$	0.027	0.60	$y=353.1+1921.3x14$	0.027	0.60
TİB 4	SK	$y=463.0+850.9x12$	0.002	0.27	$y=582.1+852.8x12$	0.007	0.22
	BÇ	$y=465.5+745.9x13$	0.022	0.16	$y=479.2+956.2x13$	0.004	0.24
TİB 5	SK	$y=69.1+1271.9x11$	0.000	0.56	$y=184.3+1620.0x11$	0.000	0.66
	BÇ	$y=178.7+1203.1x13$	0.000	0.58	$y=247.6+1437.8x13$	0.000	0.62
Genel	SK	$y=219.6+1210.5x12$	0.000	0.47	$y=351.0+1332.6x11$	0.000	0.44
	BÇ	$y=225.8+1210.5x12$	0.000	0.56	$y=322.4+1259.6x13$	0.000	0.52

en yüksek ilişki TİB3 de SK dönemin de %51 ve BÇ döneminde TİB1 de %54 oranındadır. SK döneminde, TİB5 (%49), BÇ döneminde ise TİB3 (%51) ve TİB5 (%49) düzeyinde gözlenmiştir. Butun lokasyon verilerinin ele alındığında ise verim ile NDVI arasında SK döneminde %44 ve BÇ dönemin de %53, verim ile EVI arasında SK döneminde %37 ve BÇ döneminde %48 oranlarında gerçekleşmiştir (Çizelge 6). TİB bazında model sonuçlarına ekolojik bölgelerden alınan örnekleme sayıları da etki etmektedir. Ekolojik bölgeyi temsil edecek sayıda örneklemin yapılması model performanslarının artmasını sağlayacaktır. Çalışma alanının genelinde NDVI ve EVI indisleri kullanılarak oluşturulan modellerde büyük bir farklılık gözlenmemiştir.

TİB'ne göre farklı vejetasyon indislerinin etkin olması, model sonuçlarında farklılıklar oluşmasını sağlamıştır. TİB bazında önemlilik düzeyleri ($p<0.05$) dikkate alınarak belirlenen etkili vejetasyon indisleri için oluşturulan hem NDVI hemde EVI tabanlı modellerde vejetatif gelişim döneminde genellikle 11. dönemin öne çıkmaktadır. Yüksek rakımlı bölgelerde ise 12. dönemin etkili olduğu görülmüştür. Başaklanma/Çiçeklenme döneminde ise çalışma alanının genelinde ise 13. dönemin yaygın olarak öne çıkmaktadır. Bu alanların dışında, Tuz gölü ve civarında 12. dönemin ve Haymana gibi yüksek rakımlı bölgelerde ise 14. dönemin öne çıktığı gözlenmiştir.

Çizelge 6. TİB bazında verim ve vejetasyon indisleri arasında istatistiki model değerleri

Table 6. Statistical model values between yield and vegetation indices on TIB basis

	FD	Verim-NDVI			Verim-EVI		
		Regresyon modeli	p	R ²	Regresyon modeli	p	R ²
TİB 1	SK	$y=225.3+290.0x11$	0.003	0.68	$y=295.2+187.5x11$	0.045	0.41
	BÇ	$y=163.1+392.3x13$	0.002	0.72	$y=235.3+296.1x12$	0.015	0.54
TİB 2	SK	$y=45.6+522.2x11$	0.000	0.51	$y=90.2+550.9x11$	0.006	0.34
	BÇ	$y=98.3+407.4x12$	0.000	0.49	$y=125.4+430.3x12$	0.001	0.43
TİB 3	SK	$y=47.3+592.9x11$	0.037	0.54	$y=164.1+469.9x12$	0.046	0.51
	BÇ	$y=106.1+516.2x14$	0.038	0.54	$y=117.3+752.3x14$	0.047	0.51
TİB 4	SK	$y=167.5+318.3x12$	0.002	0.28	$y=196.2+354.4x12$	0.002	0.27
	BÇ	$y=114.1+360.2x13$	0.002	0.28	$y=148.0+408.2x13$	0.000	0.32
TİB 5	SK	$y=69.9+502.7x11$	0.000	0.48	$y=122.9+500.7x11$	0.000	0.49
	BÇ	$y=61.5+495.2x12$	0.000	0.56	$y=137.4+456.8x13$	0.000	0.49
Genel	SK	$y=99.0+455.9x11$	0.000	0.44	$y=154.1+456.2x11$	0.000	0.37
	BÇ	$y=98.0+439.6x12$	0.000	0.53	$y=139.5+1459.4x12$	0.000	0.48

SONUÇLAR

Bu çalışmada, 250 m mekânsal çözünürlüklü ve 16 günlük kompozit MODIS uydu görüntüsünden elde edilen NDVI ve EVI vejetasyon indisleri kullanılmıştır. Çalışma alanı yarı kurak iklim rejimine sahip olmasına rağmen bölge içindeki ekolojik farklılıklar nedeniyle farklı vejetasyon indisleri öne çıktığı görülmüştür. Arazi çalışmalarında, düşük rakımlı alanlar ile yüksek rakımlı alanlar arasındaki 15-20 günlük fenolojik farklılığın oluşturulan modellerde öne çıkan indisler ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda bu değerlendirmelerin yıllar bazında yapılması da önem taşımaktadır. Yıllar bazında yağış dağılımlarındaki düzensizlik ve dağınıklık fenolojik dönemlerde kaymalara yol açması muhtemeldir. Bu durum ekolojik bölge bazında bitki gelişimine ve dolayısıyla verime etki etmektedir. Çiftçi tarlaları için MODIS uydu görüntüsünün mekânsal ve zamansal çözünürlüğü fenolojik farklılıkların izlenmesinde olumlu sonuç verirken verim açısından %55 civarında bir ilişki oranı belirlenmiştir. Daha yüksek bir ilişki düzeyine ulaşılmasında mekânsal çözünürlüğün artmasını sağlayacak yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılması önem taşımaktadır.

Verim tahmin modellerinin oluşturulmasında bağımsız değişkenlerin bağlı değişken üzerindeki etkilerinin ortaya konulması modelin doğruya yakın tahminde bulunabilmesi açısından önemlidir. Bitki gelişimine ekolojik faktörler, çeşit özellikleri, yetiştirme tekniği gibi birçok faktör önem taşımaktadır. Vejetasyon indisleri, bitki gelişimine etki eden bu faktörlerin olumlu veya olumsuz etkilerinin ortaya konulmasında ve gelişimin izlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. TİB bazında yapılan tahmin modelleri içinde alanın bütününde yapılan tahminlere göre daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Büyük alanlarda bütünsel yaklaşımlara göre bölgeselleştirme temelli modellerin oluşturulması ile tahminlerin daha sağlıklı yapılabilmesi sağlanabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-3001 programı kapsamında, 1050850 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: Guideline for computing crop water requirements. FAO No56.

Araya A, Keesstra SD, Stroosnijder L (2010). "A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia". *Agric. Forest Meteorol.* 150. 1057–1064.

Balaghi R, Tychon B, Eerens H, Jlibene M (2008). "Empirical regression models using NDVI, rainfall and temperature data for the early prediction of wheat grain yields in Morocco", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, pp. 438–452.

Bouma E (2005). Development of comparable agro-climatic zones for the international exchange of data on the efficacy and crop safety of plant protection products. *OEPP/EPPO. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin.* 35. 233–238 Plant Protection Service. Geertjesweg 15. PO Box 9102. NL-6700 HC Wageningen (Netherlands).

Caldiz DO, Haverkort AJ, Struik PC (2002). "Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina". *Agric. Syst.* 73. 297–311.

FAO (1996). *Agro-Ecological Zoning Guidelines.* Soil Bulletin. vol. 73. FAO. Rome.

Fischer G, Shah M, Tubiello FN, Van Velhuizen H (2005). "Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment. 1990–2080". *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 360. 2067–2083.

Gallup JL, Sachs JD (2000). "Agriculture. climate. and technology: why are the tropics falling behind?". *Am. J. Agric. Econ.* 82. 731–737.

Geerts S, Raes D, Garcia M, Del Castillo C, Buytaert W (2006). "Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: a case study for quinoa". *Agric. Forest Meteorol.* 139. 399–412.

Gouri V, Reddy DR, Rao SBSN, Rao AY (2005). Thermal requirement of rabi groundnut in southern Telengana zone of Andhra Pradesh. *J. Agrometeorol.* 7: 90-94.

Hutchinson MF (2000). ANUSPLIN version 4.1. User guide. center for resource and environmental studies, Australian National University, Canberra.

Hutchinson MF (1995). Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. *Int. J. Geogr. Info. Systems*, 9: 385-403.

Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez E P, Gao X, Ferreira L G (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 83, 195–213.

Lu D, Mausel P, Batistella M, Moran E (2005). Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon. *International Journal of Remote Sensing.* Vol. 26. No. 1. pp. 101–114.

Lusch D P (1999). *Introduction to Environmental Remote Sensing:* Michigan: Center for Remote Sensing and GIS.

Kogan F (1994). NOAA plays leadership role in developing satellite technology for drought watch. *Earth Observation Magazine.* EMO Inc.. Littleton. CO. USA. pp. 18–20.

Kouadio L, Newlands N K, Davidson A, Zhang Y, Chipanshi A (2014). "Assessing the Performance of MODIS NDVI and EVI for Seasonal Crop Yield Forecasting at the Ecodistrict Scale." *Remote Sensing* 6: 10193–10214. doi:10.3390/rs61010193.

Mcmaster G S, Wilhelm W (1997). Growing degree-days: one equation. two interpretations. *Agric. For. Meteorol.* 87(4):291-300. doi:10.1016/S0168-1923(97)00027-0.

Minamiguchi N (2005). The Application of geospatial and disaster information for food insecurity and agricultural drought monitoring and assessment by the FAO GIEWS and Asia FIVIMS // *Proceedings of the Workshop on Reducing Food Insecurity Associated with Natural Disasters in Asia and the Pacific*. Bangkok. P. 20-21.

Pertziger F, De Pauw E (2002). CLIMAP. An Excel-based software for climate surface mapping. ICARDA, Aleppo, Syria.

Rouse J W, Haas R H, Schell J A, Deering DW (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium*. NASA SP-351. Washington. DC. NASA. p. 309-317.

Seppelt R (2000). Regionalised optimum control problems for agroecosystem management. *Ecol. Model.* 131. 121–132.

Tucker C (1979). Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*. 8. 127- 150.

Turkes M (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions, *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, 23 (1999) , 363-380. TUBITAK.

UN-DESA (2013). *World Population Prospects: The 2012 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Population Division. New York. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>.

UNEP (1993). *World atlas of desertification*. The United Nations Environment Programme (UNEP), London.

Zhang S, Lei Y, Wang L, Li H, Zhao H (2011). Crop Classification Using MODIS NDVI Data Denoised by Wavelet: A Case Study in Hebei Plain. China. *Chin. Geogra. Sci.* 2011 21(3) 322–333 doi: 10.1007/s11769-011-0472-2.

Williams CL, Liebman M, Edwards JW, James DE, Singer JW, Arritt R, Herzmann D (2008). Patterns of regional yield stability in association with regional environmental characteristics. *Crop Sci.* 48. 1545-1559.

TOPRAK SU DERGİSİ YAYIN KURALLARI

Dergide Türkçe veya İngilizce olarak tarım bilimleri alanındaki özgün araştırma ve makaleler yayınlanır. Orijinal araştırma makaleleri yüksek lisans ve doktora tezinden yapılmış ise dip not olarak belirtilmelidir. Basılacak makalelerin sözlü sunum ve poster bildiri dışında daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış olması ve yayın haklarının verilmemiş olması gerekir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)'ına aittir.

Yayınlanmak için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda Dergi Editörler Kurulu tarafından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Editörler Kurulu, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden iade kararı verme hakkına sahiptir. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltmeler listesiyle birlikte sisteme yüklenerek dergi yayın kuruluna gönderilmelidir. Dergi Editörler Kurulu, hakem raporları ve/veya düzeltmelerde istenilenlere uyulup uyulmamasını dikkate alarak makalenin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir.

Derginin Kapsamı

Toprak Su Dergisi, tarım bilimleri alanında yapılan özgün araştırmaları ve yeni bulguları içeren makaleleri yayınlar. Yazar makalenin ne türde bir eser (araştırma, derleme vb.) olduğunu belirtmelidir.

Etik

Yazarlar sunmuş oldukları makalede yayın hakları saklı veri/materyal kullandıkları takdirde yayın hakkı sahibinden izin almakla sorumludurlar. Bu durumun dışındaki tüm veri/materyal yazar(lar)'ın ürettikleri orijinal veri/materyal olarak kabul edilir.

Telif Hakkı Devri

Makalede isimleri yer alan tüm yazarlar adına makaleden sorumlu yazar, yayın haklarını Toprak Su Dergisine verdiklerine dair "Telif Hakkı Devir Sözleşmesi" ni imzalamalıdır.

Makalenin Sunulması

Tüm makale sunumları <http://www.topraksudergisi.gov.tr/> adresinden elektronik ortamda yapılmalıdır.

Makale Hazırlama

Makaleler, A4 boyutundaki kağıdın tek yüzüne 12 punto Times New Roman yazı stilinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Paragraflar 0.5 cm içeriden başlamalıdır. Sayfanın tüm kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)'ı açık olarak yazılmalı ve herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir. Makale Türkçe ise, Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır. Makalede hem Türkçe hem de İngilizce özet verilmelidir.

Makale; Türkçe başlık, Yazar(lar), Yazar adres(leri), Öz, Anahtar kelimeler, İngilizce başlık, Abstract, Keywords, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartışma, Sonuç, Teşekkür (varsa), Kısaltmalar (varsa), Kaynaklar, Şekil ve Çizelge bölümlerinden oluşmalıdır. Makale, "Kaynaklar" bölümü dahil 18 sayfayı geçmemelidir.

Başlık: Kısa, makalenin içeriğini tam olarak yansıtabilecek şekilde olmalı ve 15 kelimeyi aşmamalıdır. Kelimelerin ilk harfi büyük, koyu (bold) ve 14 punto ile yazılmalıdır. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı ve koyu (bold) olarak 13 punto ile yazılmalıdır. Yazışmalarda sorumlu yazarın kim olduğu ve elektronik ileti adresi yazar adreslerinin altında dipnot olarak belirtilmelidir.

Kısa Başlık: Makalenin iç sayfalarında üst bilgi şeklinde verilecek olan akıcı (kısa) bir başlık (running head) da oluşturulmalıdır. Kısa başlık makale başlığını içerecek ve 8 kelimeyi geçmeyecek şekilde olmalıdır.

Öz ve Anahtar Sözcükler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 250 kelimeyi geçmemelidir. Özet kısmı çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)'ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir.

Anahtar Kelimeler: Özetlerin altında 1 satır boşluktan sonra, küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 5 anahtar sözcük alfabetik sıra ile yazılmalıdır.

Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile ilgili doğrudan daha önceden yapılmış çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada kullanılan materyal, araştırmanın uygulanması ve istatistiksel yöntemler hakkında kısa ve öz bilgi verilmelidir. Bu bölüm, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açık olmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölümde elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle de desteklenerek açıklanmalıdır. Bulgular tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri tartışılmalıdır.

Sonuçlar: Elde edilen sonuçlar, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte verilmelidir. Giriş ile Bulgular ve Tartışma bölümünde verilen ifadeler, bu kısımda aynı şekilde tekrar edilmemelidir.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa ve yapılan katkı da ifade edilerek verilmelidir.

Kısaltmalar ve Semboller: Makalede kısaltmalardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Kısaltma ve semboller metin içinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Uluslararası geçerliliği olan ve yerleşik kısaltmalar tercih edilmelidir. Kısaltmalar makalenin başlığında kullanılmamalıdır.

Kaynaklar: Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde "(Yazarın soyadı, yıl)" yöntemine göre yapılmalıdır, örnek: (Özcan, 2011), (Erşahin ve Brohi, 2006). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır, örnek: Özcan (2003)'e göre ya da Erşahin ve Brohi (2006). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atfında "vd" kullanılmalıdır, örnek: (Dengiz vd., 2010) veya Lawrence vd. (2001). Aynı yazarın aynı yıl içinde birden fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir, örneğin, (Gürbüz vd., 2003a).

Kaynaklar bölümünde metin içinde atıfı yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri kısaltma yapılmadan tam adı yazılmalıdır. Sadece özeti/abstract basılmış kongre kitaplarına atıf yapılamaz. Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Dergi:

Dengiz O (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3): 205-212.

Bayramin I, Basaran M, Erpul G, Canga M R (2008). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140:249-265.

Öztaş T (1997). Topraklarda difüzyon ve dispersiyon arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 331-340.

Kitap:

Craig R F (1996). *Soil Mechanics*. Chapman Hall, Great Britain, p. 427.

Webster R, Oliver M A (2001). *Geostatistics for environmental scientists*. Wiley, England, p. 271.

Kitabın bir bölümü:

Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao and S S H Rizvi (Eds.), *Engineering properties of foods*, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193.

Doorenbos J, Pruitt W O (1992). *Guidelines for predicting crop water requirement (3rd ed.)* FAO irrigation and drainage paper, Rome. pp. 24-193.

Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:

TÜİK (2005). Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara.

ASAE (2002). Standards S352.2, 2002. Moisture measurement - underground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI.

İnternetten alınan bilgi:

Kurumsal bazda istatistik veri, standartlar ve elektronik dergiler internetten alınan bilgilerdir.

FAO (2005). Statistical database. Available: <http://www.fao.org>. (Erişim tarihi)

Tezler

Koyuncu T (1992). Tarım arabalarında kullanılan çarpma etkili frenlerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.

Berbert P A (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK.

Tam metin kongre/sempozyum kitabı:

Kütük C, Caycı G (2000). Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. In: Munsuz, N. (Ed.), Proceedings of International Symposium on Desertification, pp. 313–318, 13–17 June, Konya, Turkey.

Kara Z, Beyoğlu N (1995). Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II): 524-528. 3-6 Ekim, Adana.

Şekiller ve Çizelgeler: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Çizelge" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve çizelgeler makalenin sonuna yerleştirilmelidir. Şekil ve çizelgelerin boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve çizelgelerin boyutu baskıda çıkabilecek özellikte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını karşılaştırmalı olarak sunma özelliğinde olmayan fotoğraf makalede yer almamalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpg, pdf ve tiff" formatında olmalıdır. Renkli resimler yerine gri tonlu resimler tercih edilmelidir. Çizelgelerde dikey çizgi kullanılmamalıdır. Her çizelge ve sekile metin içerisinde atıf yapılmalı ve metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir. Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Çizelge ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde, şekil başlıkları ise şeklin altında yer almalıdır. Çizelge ve şekillerin İngilizce başlıkları, Türkçe başlığın hemen altına İtalik olarak yazılmalıdır. Şekillerde yatay ve düşey kılavuz çizgiler ve rakamlar bulunmamalı ancak istatistiksel karşılaştırma için verilmesi durumunda küçük harfler verilebilmektedir. Çizelge ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır. Farklı parçalardan oluşan çizim araçları, şekiller veya resimler, gruplandırılmalıdır. Cins ve tür isimleri italik olarak yazılmalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (Système International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak virgöl kullanılmalıdır (1.25 yerine 1,25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (3 m/s yerine 3 m s⁻¹, 4 kg N ha⁻¹ gibi)

Formüller: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüller 12 punto olacak şekilde ana karakterler ve değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1." Seklinde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1. de verilmiştir).

TELİF HAKKI DEVRİ

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü

Yayın Kurulu, İstanbul Yolu Üzeri No: 32, 06170 Yenimahalle, Ankara

Biz aşağıda isimleri bulunan:

Yazarların adları (makaledeki sıralamaya göre) :

.....

.....

Sorumlu yazarın ismi:.....

Adres:.....

Elektronik posta:.....Telefon:.....

tarafından yazılmış,

(Makale Adı):

.....

.....

başlıklı makale konusunda, makale Toprak Su Dergisi Yayın Kuruluna ulaşıncaya kadar hiçbir sorumluluk taşımadığını kabul ederiz.

Makalede ismi geçen tüm diğer yazarların adına, makaleden sorumlu olan yazar olarak,

a) Makalenin orijinal çalışma olduğunu,

b) Herhangi başka bir dergiye yayınlanmak üzere verilmediğini,

c) Daha önce yayınlanmadığını,

d) Tüm yazarların makaleyi gördüğünü ve sunulması için kabul ettiğini,

e) Çalışma sırasında etik açısından toplumu veya kişileri rencide edici herhangi olay olmadığını, makalenin tüm etik kurallara uyduğunu,

f) Her türlü yayım, basım, sunum, dağıtım ve elektronik ortamlarda sunulmasından doğan telif hakkının Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü'nün hiçbir kısıt olmadan kullanılabilmesine izin verdiğimizi kabul ve garanti ederim.

Makale yukarıda bahsedilen maddelerin dışında yazarların telif hakları dışında aşağıda verilen hakları saklıdır.

a) Patent hakları,

b) Tüm yazarların gelecekteki çalışmalarını içeren kitap yazma, ders verme, ders notu hazırlama veya sunum hazırlama hakları,

c) Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları doğrultusunda çoğaltma hakları saklıdır.

Yazarlar tarafından yukarıda bahsedilen amaçlar doğrultusunda kullanıldığı takdirde makalenin TOPRAK SU DERGİSİ tarafından yayınlandığına dair açık referans verilmelidir.

Sorumlu Yazarın

Adı Soyadı:

İmza:

SOIL WATER JOURNAL EDITORIAL RULES

Soil Water Journal publishes unique research papers in the agricultural sciences as in Turkish or English. Original research articles made of PhD. or Ms. thesis should be a footnote. Manuscripts submitted to the journal should not be published anywhere (except oral presentations and posters), should not be submitted to any other journal and should not be given broadcast rights. The whole responsibility of the submissions belongs to the concerned author(s). Completed publication process articles are printed based on date of arrival.

The article submitted for publication is subjected to prior review by the Board of Editors in accordance with the principles of Soil Water Journal. Editorial board has right to return works which are not appropriate for publishing in the journal to the authors. Corrections of articles which have been evaluated by referees should be submitted to the board with correction journal publications list by installing a system. Publishing of research articles is decided by the Editorial Board, providing that the authors adhere to the publishing format and referee reports.

The Scope of the Journal

Soil Water Journal publishes unique research papers in the agricultural sciences. The author should indicate that what kind of work of article (research papers, review articles, etc.).

Ethics

Authors are responsible for getting permission from the copyright owner if they use broadcast rights reserved data/material in their articles. All data outside of this state / material, it is considered to be the original data / material produced by the author (s).

Copyright Release Form

Author of the article on behalf of all authors names contained in the article, that they give the broadcast rights to the Soil Water Journal "Copyright Transfer Agreement" must be signed.

The Submission of Articles

All of the articles should be submitted to the following address.

<http://www.topraksudergisi.gov.tr/>

Article Preparation

Text should be written in full-size format on one side of A4. Times New Roman fonts with 12 points and double-spaced should be used throughout the article. Paragraphs should be indented 0.5 cm and 3 cm space should be left on all margins of the page. Each page and line of the paper should be numbered. Author(s)'s full name must be written and not indicated any academic title. If the article in Turkish, it should be written according to the recent spelling of The Turkish Language Association. The summary of article should be given in both Turkish and English.

Articles should include the following sections; Turkish Title, Author(s), Author(s) Addresses, Abstract, Keywords, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements (if needed), Abbreviations and Symbols (if needed), References, Figures and Tables. Article with references should not exceed 18 pages.

Title: It should cover the content of the manuscript and should not exceed 15 words. The first letters of the words should be capital, bold and 14 points. English title should match with Turkish title and it should be written bold and 13 points. Corresponding author and e-mail address must be indicated under author addresses as a footnote.

Running head: Running head should be given as a header form in the inside pages of the manuscript. Running head will contain the manuscript title and should not exceed 8 words.

Abstract and Key Words: Each of Turkish and English abstracts should not exceed 250 words. The abstract must include the purpose of study, how was it done, results and the assessment of authors.

Key Words: After a blank line of abstract, key words should be written in small letters with an alphabetical order and should not exceed 5 words.

Introduction: This section should consist of subject and reason of the study. Also, previously performed studies which are relevant with the subject and the purpose of the study should be given in introduction part.

Materials and Methods: Short and concise information should given about the material used in this study, the implementation of the research and statistical methods. This section should be clear to give an opportunity to those working on the same subject to repeat.

Results and Discussion: The results should be given in this section if necessary supported by tables, figures and graphics. Results should be discussed but should avoid unnecessary duplication. Also, similarities and differences between the study and other studies should be discussed.

Conclusions: Results obtained from study should be given with the contribution to science and practise. The expressions which are given in Introduction, Results and Discussion parts should not be repeated in this section.

Acknowledgment: If necessary acknowledgments should be a brief statement at the end of the text.

Abbreviations and Symbols: Abbreviations should be avoided as far as possible in article. Abbreviations and symbols should be defined when they first used in the text. Abbreviations which are established and valid internationally should be preferred. Abbreviations should not be used in the beginning of article.

References: Cite references in the text as author's family name should be followed by the year of the publication in parentheses, eg. (Özcan, 2011), (Erşahin and Brohi, 2006). If the cite refers to author, only the year of the publication should be given in parantheses, eg. According to Ozcan (2003) or Ersahin and Brohi (2006). Use "et al" after the first author's family name for citations with three or more authors, eg. (Dengiz et al., 2010) or Lawrence et al. (2001). The several works of the same author published on the same year, use lower case letters after the year for each article eg. (Gurbuz et al., 2003a).

References cited in the text should be arranged chronologically and in original language. The references should be listed alphabetically on author's surnames, and chronological per author. Names of journals should be in full titles rather than the abbreviations. Avoid using citations of abstract proceedings. Incorrect reference and citation responsibility belong to authors.

Examples illustrating general guidelines for references are shown below.

Journal Articles:

Dengiz O (2010). Morphology, Physico-Chemical Properties and Classification of Soils on Terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3): 205-212.

Bayramin I, Basaran M, Erpul G, Canga MR (2008). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental Monitoring and Assesment*, 140:249-265

Öztaş T (1997). Topraklarda difuzyon ve dispersiyon arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 331-340.

Books:

Craig R F (1996). *Soil Mechanics*. Chapman Hall, Great Britain, p. 427.

Webster R, Oliver MA (2001). *Geostatistics for environmental scientists*. Wiley, England, p. 271.

Book Chapter:

Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao and S S H Rizvi (Eds.), *Engineering properties of foods*, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193.

Doorenbos J, Pruitt WO (1992). Guidelines for predicting crop water requirement (3rd ed.) FAO irrigation and drainage paper, Rome. pp. 24–193.

Publications of Institutions / Standard Books:

TÜİK (2005). Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara.

ASAE (2002). Standards S352.2, 2002. Moisture measurement - unground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI.

Internet Sources:

Institutional basis of statistical data, standards, and electronic journals is the information obtained from the Internet.

FAO (2005). Statistical database. Available: <http://www.fao.org>.

Thesis:

Koyuncu T (1992). Tarım arabalarında kullanılan çarpma etkili frenlerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.

Berbert P A (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK.

Conference Proceedings (Full papers):

Kütük C, Caycı G (2000). Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. In: Munsuz, N. (Ed.), Proceedings of International Symposium on Desertification, pp. 313–318, 13–17 June, Konya, Turkey.

Kara Z, Beyoğlu N (1995). Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II): 524-528. 3-6 Ekim, Adana.

Tables and Figures: Figure, graphs, photographs etc. and the numerical values should be given as "Figure" and "Table" respectively. All figures and tables should be placed at the end of the article. If it is single page layout all tables and figures should not exceed 16x20 cm and if it is double column layout it should not exceed 8 cm. All figures and tables size must suitable for print. The photos which are not for the comparing results should not be placed in article. Photos should have 600dpi resolution in "jpg , pdf and tiff" format. For publication purposes use grayscale images. Avoid using vertical lines in tables. Every figures and tables should be cited in the text and then they should be given. Legends are to be listed in numeric order, labeled as (Table 1. And Figure 1.). The titles of figures and tables should be brief. Table titles should be placed on the table and the figure titles should be placed below the figure. English titles of figures and tables should be written in italics below the Turkish titles. Horizontal and vertical guide lines and numbers should not be given in figures only if it is necessary for statistical comparison small letters can be given. If abbreviations used in figures and tables, they should be explained. Drawing tools which are consist of different parts, figures and shapes should be grouped. Genus and species names should be written in italics.

Units: SI measurement units (Systeme International d'Units) should be used in all articles. Decimal fractions should be used as a dot (eg. 1.25). "/" should not be used in the units and should be a gap between units (3 m/s rather than 3 m s-1, 4 kg N ha-1).

Formulas: Formulas should be numbered and formula numbers should be shown in parenthesis put on the right side of formula. Formulas should be 12 points, main characters and variables in italics and the numbers and mathematical expressions should be normal format. If it is cited in the text, it should be shown such as "Equation 1."

You must complete and submit a word document in the article reference links.

COPYRIGHT RELEASE FORM SOIL WATER JOURNAL

Editorial Board, İstanbul Yolu Üzeri No: 32, 06170 Yenimahalle, Ankara

I (we), whose names below;

Authors' names (According to the article order) :

.....
.....

Full name(s) of the corresponding authour(s) :

Address

E-mail:.....Phone:.....

Fax:

Written by,

(Article Title):

.....
.....

in an article titled article that we accept no responsibility for transport until it reaches The Soil Water Journal Editorial Board.

The name of the article on behalf of all other writers, as the corresponding author,

- a) Article is an original work,
- b) Not given for publication in any other journal,
- c) All authors reviewed and approved the content and parts of this article as submitted,
- d) There are no events that society or individuals offensive in terms of ethics during the study, article that comply with all ethics,
- e) I (we) accept and guarantee using copyright of the article which is arising from the any kind of publication, printing, delivery, distribution and submission of the electronic media that we allow to be used without any restrictions and guarantees by The central Research Institute of Soil Fertilizer and Water Resources.

Ownership of Copyright:

- a) Patent rights outside the copyright belongs to the authors.
- b) All authors have the right to use the parts of this article future work, in presentations and lecture notes,
- c) Reproduction rights for their own purposes are reserved with condition that not to sell.

Open referance that article published by SOIL WATER JOURNAL should be given when article is used for the purposes mentioned above by the authors.

Corresponding author:

Name:

Signature:

In case of manuscript rejection by the Editorial Board, this form will be invalid.