
**TOPRAK SU DERGİSİ
ÖZEL SAYI**

**SOIL WATER JOURNAL
SPECIAL ISSUE**

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

2021



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

Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agricultural Sciences
Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik Tarafından
Yayımlanmaktadır.

Published by TUBİTAK-ULAKBİM Turkish JournalPark
Academic Database.

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

6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi
12-14 Kasım 2019
İzmir, 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
Mehmet KEÇECİ

Editör / Editör-in-Chief
Mesut YILDIRIR

Yayın Kurulu / Editorial Board
Emre Can KAYA, Ayşe Özge SAVAŞ, Eser BORA, Doğan CAN MUTLUM, Fulya GÜZELKÜÇÜK

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor
Aynur DİLSİZ

Yayın Türü : Yerel Süreli Yayın
Type of Publication: Locally Distributed Periodical

Yayın Dili : Türkçe ve İngilizce
Language: Turkish and English

Yayın Şekli: 6 Aylık-Türkçe, İngilizce

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: 29 Mart 2019 Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı - Eğitim Yayın ve Yayınlar 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.
Gayret Mahallesi Fatih Sultan Mehmet Bulvarı (İstanbul Yolu), 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

2021

Special Issue
Özel Sayı

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

KONGRE ONUR KURULU* (Honor Board)*

Mustafa AKSU

Tarım ve Orman Bakan Yardımcısı

Özkan KAYACAN

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürü

Mustafa ÖZKAYNAK

Menemen Kaymakamı

Dilek KAHRAMAN

Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürü

KONGRE Başkanı* (Congress President)*

Dilek KAHRAMAN

Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürü

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

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

DÜZENLEME KURULU* (Regulatory Board)*

İhsan ASLAN

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdür Yardımcısı

Dr. Bülent SÖNMEZ

TAGEM Toprak ve Su Kaynakları Daire Başkanı

Dr. Kadriye KALINBACAK

TAGEM Bitki Besleme ve Toprak, Tarımsal Mekanizasyon Koordinatörü

Dr. Yaşar İnci TEKELİ

TAGEM İklim Değişikliği ve Tarımsal Ekoloji Koordinatörü

Şule KÜÇÜKCOŞKUN

TAGEM Tarımsal Sulama ve Arazi Islahı Koordinatörü

Dr. Funda KIDOĞLU

UTAEM Müdür Yardımcısı V.

Mehmet YILMAZ

UTAEM

Dr. Nejat ÖZDEN

UTAEM

Dr. Gülay YILMAZ

UTAEM

Dr. Zübeyde ALBAYRAM DOĞAN

UTAEM

Perihan TARI AKAP

UTAEM

Hesna PAMİRALAN

UTAEM

Gözen YÜCEERİM

UTAEM

Oğuz FEHMİ ŞEN

UTAEM

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

BİLİM KURULU* (Scientific Committee)*

Dr. Anna OSANN

İspanya

Dr. Haruyuki FUJIMAKI

Tottori University, Japonya

Dr. Milena KERCHEVA

Institute of Soil Science, Bulgaristan

Dr. Nicolas R. DALEZIOS

University of Thessaly, Yunanistan

Dr. Svatopluk MATULA

Czech University of Life Science, Çekya

Prof. Dr. Ahmet ÇELİK

Atatürk Üniv.

Prof. Dr. Alaettin TAYSUN

Ege Üniv. (Emekli)

Prof. Dr. Ali İNAL

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Ayten NAMLI

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv.

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Akdeniz Üniv.

Prof. Dr. Ela ATIŞ

Ege Üniv.

Prof. Dr. Eşref IRGET

Ege Üniv.

Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

Samsun Ondokuz Mayıs Üniv.

Prof. Dr. Harun YALÇIN

Ege Üniv.

Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ

Çukurova Üniv.

Prof. Dr. İbrahim YALÇIN

Adnan Menderes Üniv.

Prof. Dr. İlkey DELLAL

Ankara Üniv.

BİLİM KURULU* (Advisory Board)*

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Selçuk Üniv.

Prof. Dr. Metin GÜNER

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Nur OKUR

Ege Üniv.

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Samsun Ondokuz Mayıs Üniv.

Prof. Dr. Ömer Lütfi ŞEN

İstanbul Teknik Üniv.

Prof. Dr. Öner ÇETİN

Dicle Üniv.

Prof. Dr. Rasim KOÇYİĞİT

Gaziosmanpaşa Üniv.

Prof. Dr. Recep ÇAKIR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.

Prof. Dr. Rıza KANBER

Çukurova Üniv. (emekli)

Prof. Dr. Sait GEZGİN

Selçuk Üniv.

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

Süleyman Demirel Üniv.

Prof. Dr. Süleyman KODAL

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Şerafettin AŞIK

Ege Üniv.

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Atatürk Üniv.

Prof. Dr. Ufuk TÜRKER

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

Ankara Üniv.

Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Ege Üniv.

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

BİLİM KURULU* (Advisory Board)*

Atatürk Üniv.

Doç. Dr. A. Behiç TEKİN

Ege Üniv.

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Erciyes Üniv.

Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE

Toprak Gübre ve Su Kaynak. Merk. Arş. Ens.

Doç. Dr. İrfan OĞUZ

Gaziosmanpaşa Üniv.

Doç. Dr. İsmail TAŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.

Doç. Dr. Köksal AYDINŞAKİR

Batı Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.

Dr. Ece SALALI

Ege Üniv.

Dr. Erdem BAHAR

Atatürk Toprak, Su ve Tarım. Meteo. Arş. Ens.

Dr. Fatih BAKANOĞULLARI

Atatürk Toprak, Su ve Tarım. Meteo. Arş. Ens.

Dr. Filiz PEZİKOĞLU

Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Arş. Ens.

Dr. Funda KIDOĞLU

UTAEM

Dr. Gülay YILMAZ

UTAEM

Dr. Haydar POLAT

Toprak, Gübre ve Su Kaynak. Merk. Arş. Ens.

Dr. Hesna ÖZCAN

TAGEM

Dr. Mehmet Ali GÜRBÜZ

Atatürk Toprak, Su ve Tarım. Meteo. Arş. Ens.

Dr. Mehmet KEÇECİ

Toprak, Gübre ve Su Kaynak. Merk. Arş. Ens.

Dr. Meral TAŞ

GAP Tarımsal Arş. Ens.

BİLİM KURULU* (Advisory Board)*

Dr. Murat TUGAÇ

Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.

Dr. Nejat ÖZDEN

UTAEM

Dr. Selçuk KARABAT

Manisa Bağcılık Araştırma Ens.

Dr. Serhat ŞENSOY

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Dr. Suat AKGÜL, Toprak

Gübre ve Su Kaynak. Merk. Arş. Ens.

Dr. Ülviye ÇEBİ

Atatürk Toprak, Su ve Tarım. Meteo. Arş. Ens.

Dr. Yasemin VURARAK

Doğu Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.

Dr. Yusuf IŞIK

Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Arş. Ens.

Dr. Zerrin ÇELİK

UTAEM

Dr. Zinnur GÖZÜBÜYÜK

Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Ens.

Eser BORA

TAGEM

Tamer ÇOŞKUN

Doğu Anadolu Tarımsal Arş. Ens.

Soil Water Journal
Toprak Su Dergisi

2021

Special Issue
Özel Sayı

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

SEKRETERYA* (Congress Secretariat)*

Dr. Zübeyde ALBAYRAM DOĞAN
Alican EREN
Huriye BAYRAM
Murat Çağatay KEÇECİ
Önder ÖZAL
Tuncay TOPDEMİR
Perihan TARI AKAP
Gözen YÜCEERİM

EDİTÖR* (Editor)*

Mehmet YILMAZ
Hesna PAMİRALAN
İ. Levent DAĞDELEN

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 12-14 Kasım 2019 tarihlerinde Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Menemen, İzmir’de gerçekleştirilmiştir. Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü ülkemizde bu kaynakların 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. Toprak ve su kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilir kullanımı için ar-ge çalışmalarına Enstitü olarak her türlü desteği vermekteyiz vermeye de devam edeceğiz. Bu ilke ile toprak ve su kaynakları konusunda gerçekleştirilen uluslararası katılımlı bu kongrede seçili bildirilerin Toprak Su Dergisi’nde özel sayı olarak yayınlanmasını önemli bulduk. Bu vesile ile bu özel sayıda yayımlanan bildirilerin bilimsel literatüre katkısı nedeniyle ve kongreye katkı veren tüm paydaşlara ayrıca teşekkür ederim.

Dr. Mehmet KEÇECİ

Toprak, Gübre ve Su Kaynakları
Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürü

Toprak, Su Dergisi olarak, toprak ve su kaynakları başta olmak üzere tarım bilimleri alanında yapılan özgün bilimsel çalışmaları yayınlanmaktadır. Bilimsel çalışmaları daha fazla sayıda okuyucuya ulaştırarak farkındalığı artırmak amacını taşımaktayız. 6. 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 taşımaktayız. 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- Selenyum Uygulamalarının Silajlık Mısırın Verim Parametreleri Üzerine Etkileri**
The Effect of Selenium Applications on Yield Parameters of Silage Maize
Aişe DELİBORAN, Yılmaz IŞIK, Hasan ASLAN, Abdullah SUAT NACAR, Tuba Yasemin TEKGÜL, Hatice KARA, Sait GEZGİN 1-10
- 2- Kocadere Havzasında Sediment Veriminin Arazi Ölçümlerine ve MUSLE Modeline Dayalı Olarak Tahmin Edilmesi**
Estimation of Sediment Yield Based on Field Measurements and MUSLE Model in Kocadere Watershed
Gülay YILMAZ, Lutfullah ARUĞASLAN, Gözen YÜCEERİM 11-18
- 3- Türkiye'nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelindeki Değişim**
The Variation of Agricultural Wastes Biomass Energy Potential of Turkey
Mahmut POLAT 19-24
- 4- Uzun Süreli Farklı Dozlarda Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Fosfor Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi**
Under Long Term Field Condition to Evaluate the Effects of Different Phosphorus Doses on Agronomic Efficiency of Maize Plant
Mehmet IŞIK, Feyzullah ÖZTÜRK, Şeyma KARADERE, İbrahim ORTAŞ 25-30
- 5- İzmir İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ile Mikroelement Kapsamlarının Belirlenerek Haritalanması**
Determining and Mapping the Fertility and Microelement Scopes of the Agricultural Soils of İzmir Province
Nejat ÖZDEN, İdris USLU, Ömer SÖKMEN, Faruk METİNOĞLU 31-40
- 6- Organik ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Karabuğdayda Kök Gelişimine Etkisi**
The Effects of Organic and Inorganic Fertilizer Applications on Buckwheat Root Development
Umur ÇÜRÜK, Mehmet IŞIK, Elif FERAHOĞLU, Saliha KIRICI, İbrahim ORTAŞ 41-45
- 7- Farklı Yağış Yoğunluğu Altında Su Geçirimi Düşük Toprakta Akış ve Sediment Simülasyonu**
Simulation of Runoff and Sediment in a Water Repellent Soil under Different Rainfall Intensity
Reyhanehsadat MOUSAVİZADEH, Sayyed-Hassan, TABATABAEİ, Negar NOURMAHNAD, Sinan ARAS 46-55

8- HadGEM2 Küresel İklim Modeli Tahminine Dayalı Konya Kapalı Havzası Olası İçin Tarımsal Kurak Dönemleri

Possible Agricultural Drought Period of Konya Closed Basin Based on HadGEM2 Global Climate Model

İsmail TAŞ, Yusuf Ersoy YILDIRIM 56-66

9- Atık Su ile Sulanan Mısır Bitkisinde Makro ve Mikro Element ve Ağır Metal Birikimi

Heavy Metal Accumulation with Macro and Micro Elements in Maize Plant Irrigated by Wastewater

Şerife ÇAY, Rıza KANBER 67-75

Selenyum Uygulamalarının Silajlık Mısırın Verim Parametreleri Üzerine Etkileri

Aişe DELİBORAN¹, * Yılmaz IŞIK² Hasan ASLAN² Abdullah SUAT NACAR²
Tuba Yasemin TEKGÜL² Hatice KARA² Sait GEZGİN³

¹Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, İzmir.

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa.

³Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Konya.

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

Geliş tarihi (Received) : 22.05.2019

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.741443

Öz

Bu çalışmada sodyum selenit ve sodyum selenat uygulamalarının, silajlık mısır bitkisinin bitki boyu, koçan/bitki oranı, yaprak/sap oranı gibi bazı bitkisel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Selenyum sekiz farklı seviyede (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹) uygulanmıştır. Selenit, tohum ekiminden önce toprağa sıvı halde, selenat ise mısır bitkisi 50-70 cm boyuna geldiğinde yapraktan uygulanmıştır. Selenyum uygulamaları yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan sayısı, rastıklı bitki sayısı ve bitki boyu değerlerini istatistiksel olarak etkilememiştir. Selenit uygulamaları istatistiksel açıdan koçan/bitki oranı ile yaprak/sap oranı değerlerini etkilemiştir, yıl X konu interaksyonu önemli çıkmıştır. 2013 yılında konular arasında istatistiki yönden fark oluşmuş, en yüksek değerler sırasıyla % 52 ile 5 g Se ha⁻¹ uygulaması ile % 45 ve % 47 ile 10 g Se ha⁻¹ ve 25 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. Selenat uygulamaları koçan/bitki oranı değerleri istatistiksel olarak etkilemezken yaprak/sap oranlarını etkilemiş, en yüksek değerler % 43 ile 100 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. Selenyum uygulamalarının bitkilerde verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilemediği, tanenin veya bitkinin selenyum konsantrasyonunu etkileyerek artırdığı bilinmektedir. Ancak bazı çalışmalar selenyum uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediğini göstermektedir. Bitki gelişiminde selenyum etkisinin bitki türüne ve çeşidine bağlı olarak değişebileceği, birçok faktörün selenyum etkinliğini artırarak etkilediği, özellikle toprak ve iklim koşullarının dışında uygulama zamanı, oranı ve metodu ile selenyum formu ve bitki türünün etkili olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, selenyum, toprak uygulaması, yaprak uygulaması, verim parametreleri

The Effect of Selenium Applications on Yield Parameters of Silage Maize

Abstract

In this study, the effects of sodium selenite and sodium selenate applications on laying, plant appearance, number of worm cobs, random number of plants, plant height, cob/plant ratio, leaf/stem ratio of silage maize plant were investigated. Selenium was applied at eight different levels (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹). Selenite was applied to the soil in liquid form before planting seeds, and selenate was applied to the leaf when the corn plant was 50-70 cm tall. Selenium applications did not statistically affect lying, plant appearance, worm cob number, randomized plant number and plant height values. Selenite applications affected the cob/plant ratio and leaf/stem ratio values statistically, the interaction of the year X subject was significant. In 2013, there was a statistical difference between the subjects, the

highest values were obtained with 52% from 5 g Se ha⁻¹ application, with 45% and 47% from 10 g Se ha⁻¹ and 25 g Se ha⁻¹ applications, respectively. Selenate applications did not affect the cob/plant ratio values statistically, but the leaf/stem ratios were affected, the highest values were obtained with 43% from 100 g Se ha⁻¹ applications. It is known that selenium applications do not affect the yield and other plant properties in plants, but increase the selenium concentration of the grain or plant. However, some studies show that selenium application affects positively the plant as our study. It is thought that the effect of selenium in plant development may vary depending on the type and variety of the plant, many factors increase the selenium activity, especially outside the soil and climatic conditions, the application time, rate and method, the form of selenium and the plant species are effective.

Keywords: Maize, selenium, soil application, foliar application, yield parameters

GİRİŞ

Birim alandan elde edilen yeşil ot veriminin fazla olması ve silaj yapımına uygunluğu, silajın besin değeri ve lezzetinin yüksekliği gibi birçok nedenden dolayı mısır dünya da en önemli silaj bitkilerinden biri olarak yerini almıştır (Açıkgöz, 1991). Özellikle mısır hasılıının çok kolay silolanabilir bir özelliğe sahip olması (Ak ve Doğan, 1997), sindirilme oranının yüksekliğinin yanı sıra birim alandan alınan verimin yüksek olması nedeniyle mısır, en ideal silaj bitkisi olarak kabul edilmiştir (Açıkgöz, 2001). Mısır silajı Amerika Birleşik Devletleri, Hollanda, Almanya ve Fransa gibi ülkelerde özellikle sığır besiciliğinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Kılıç, 1986; 1996; Gökçe, 2000; Alçicek ve Karaayvaz, 2003). Üretim bakımından dünyada buğdaydan sonra ikinci, Türkiye’de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer alan (TUİK, 2014) mısır, ekim alanı bakımından Türkiye dünyada mısır üreticisi 157 ülke arasında 34., üretim bakımından 25. ve birim alan verimi bakımından ise 40. ülke durumundadır (FAO, 2014). Türkiye’de tane mısırın ekim alanı 6.599.980 da, toplam verim 5.9 milyon ton⁻¹, dekara ortalama verim ise 903 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (TUİK, 2014). Ayrıca yeşil ve silaj olarak hayvan beslemede kullanılan bir kaba yem olarak 2014 yılında 4.015.913 da alanda ekilmiş, toplam silajlık verimi 18.6 milyon ton, dekara verim ise 4.630 kg da⁻¹ civarında gerçekleşmiştir (TUİK, 2014). Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde sulu şartlarda başarı ile yetiştirilen silajlık mısır, Doğu Anadolu ve Marmara Bölgesi’nin bazı kesimlerinde de yetiştirilmektedir. Canlıların en önemli ihtiyacı barınmadan sonra beslenmedir. Toprak, bitkiler için besin kaynağı durumunda iken, bitkiler hem insanlar hem de hayvanlar için besin kaynağı durumundadır. Toprakta bitkiye, bitkiden insan ve hayvanlara besin maddelerinin kontrollü taşınımını içerisine

alan toprak yönetimi ve gübreleme konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır (Deliboran vd., 2016). Son yıllarda nitelikli gıda kavramının yaygınlaşması ile üzerinde en çok araştırma yapılan, insan ve hayvan beslenmesinde en önemli mikro besin elementlerinden biri de selenyumdur (Se). Uzun yıllar kanserojen bir element olarak tanınan, ancak 1957 yılında biyolojik sistemler için faydalı bir element olduğu ileri sürülen (Deliboran vd., 2018b) Se, hem insanlar hem de hayvanlar için zorunlu bir maddedir ve besin maddeleriyle birlikte yeterli miktarda alınması gerekmektedir (David vd., 1995; Surai, 2000; Deliboran, 2016; Deliboran vd., 2018b). Özellikle emiliminden sonra aminoasitlerin ve proteinlerin yapısına katılımı ile bitki beslemede oldukça önemlidir (Eriksson, 2001; Deliboran vd., 2018b). Bitkilerin Se alımı daha çok topraktan alım şeklinde gerçekleşmektedir fakat çok düşük oranda da olsa atmosferik yolla da Se alınabilmektedir. Se’nin topraktan emilebilmesi için mutlaka çözünür ve alınabilir bir formda olması gerekmektedir (Deliboran vd., 2018b), ve bitkiler için bu durum daha çok oksitlenmiş Selenat (Se⁺⁶) formunda olmaktadır.. Selenyum topraklarda çoğunlukla selenat (SeO₄⁻²), selenit (SeO₃⁻²) ve selenid (Se⁻²) formlarında bulunmaktadır (Mikkelsen vd., 1990; Marchner, 1995; Çakmak vd., 2009). Selenyumun kuraklık ve düşük sıcaklık gibi çevresel stres etmenlerine karşı dayanıklılıkta önemli bir role sahip olduğu, toksik O₂ türevlerinden biri olan hidrojen peroksit (H₂O₂) detoksifikasyonunu sağlayan glutatyon peroksidaz enzimi için gerekli olduğu, bu enzimin aktivitesinin yüksek düzeyde kalmasını sağlayarak bitkileri düşük sıcaklık, yüksek ışık intensitesi ve UV ışık stresinden koruduğu (Xue ve Hartikainen, 2000; Seppänen vd., 2003; Çakmak vd., 2009), bitkilerin Se’yi fonksiyonel olarak bünyelerinde biriktirdiği fakat esas olarak tohumlarında daha çok

biriktirdiği (Steven, 1994; Deliboran vd., 2018b) ileri sürülmektedir. Se uygulamaları bitkilerde, örneğin buğdayda (Çakmak vd., 2009) ve mısırdaki (Chilimbia vd., 2012; Deliboran vd., 2018a) tane, silaj verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilememekte, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırmaktadır. Deliboran vd. (2018a)'ya göre sodyum selenit ve sodyum selenat uygulamaları tane mısırdaki istatistiksel açıdan bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı, tane /koçan oranı, dekara verim ve tanenin yağ içeriği değerlerini etkilememiştir. Toprakta yapılan selenit uygulamaları tanenin Se içeriğini istatistiksel olarak etkilemezken, yaprakta uygulanan selenat ise tanenin Se içeriğini etkilemiştir ve gerçekleştirilen uygulamalar ile tanenin Se içeriği artmıştır. Araştırmacılara göre 15 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 96 µg kg⁻¹ Se'nin tanede biriktiği, 25 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 125 µg kg⁻¹, 50 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 214 µg kg⁻¹, 75 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 420 µg kg⁻¹ ve 100 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 523 µg kg⁻¹ Se birikiminin olduğu, Se düzeylerinin hem insan hem de hayvan beslenmesi için uygun düzeyde olduğu görülmektedir (Deliboran vd., 2018a; 2018b). Chilimbia vd. (2012) Se uygulamalarının silajlık mısırdaki verimi etkilemediğini, çeşitlere göre verimin 4758-15792 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini, uygulamalar ile silaj Se içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Wang vd. (2013) topraktan ve yaprakta Na₂SeO₃ formunda Se uygulamalarının tane ve silaj verimi ile diğer bitkisel özellikleri etkilemediğini, topraktan uygulamada sırasıyla 2009 yılında 5.41-9.13 t ha⁻¹, 2010 yılında ise 7.93-12.25 t ha⁻¹, yaprakta uygulamada sırasıyla 2009 yılında 6.15-9.91 t ha⁻¹, 2010 yılında ise 9.58-17.05 t ha⁻¹ verim aldıklarını bildirmektedir. Hidroponik sulama suyuna Se eklenmesi ile mısır bitkisinde (Longchamp vd., 2012) ve marulda (Duma vd., 2011) verimin artmadığı, 60 g Se ha⁻¹ oranına kadar Se ile tohum muamelesinin üç çim çeşidinde de verimi etkilemediği (Cartes vd., 2011) görülmüş, buğdayda (Broadley vd., 2010), sarımsakta (Poldma vd., 2011) ve mısırdaki tane ve silaj (Chilimbia vd., 2012a) veriminin artmadığı tespit edilmiştir. Ancak birkaç çalışma Se uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediğini göstermektedir. Saksıda yapılan bir çalışmada, Se uygulamaları ile kontrol grubuna göre patates bitkisinden yüksek yumru verimi aldıkları, bunda Se'nin yaşlanmayı geciktiren antioksidatif etkisiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Turakaina, 2007). Benzer şekilde hidroponik denemelerde Se uygulamaları Brassica tohum üretiminde % 43 oranında artışa neden olmuştur ki bunun da yapraklarda ve

çiçeklerdeki yüksek solunum aktivitesi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Lyons vd., 2009). Hindibada yapılan bir denemede, Se uygulamaları genç hindibalarda solunum oranını arttırmıştır (Germ vd., 2007). Kuraklık stresi düzeyinin arttığı dönemde Se uygulamaları antioksidan aktivitesini, antioksidan düzeyini ve mısır tane verimi arttırmıştır (Sajedi vd., 2011). Sonuç olarak bitkilerde Se uygulamaları antioksidan aktivitesinin ve solunum potansiyelinin artması nedeniyle pozitif etkili olabilmektedir. Bitkilerde birçok faktör Se etkinliğini artırarak etkilemektedir. Bu faktörler toprak ve iklim koşullarının yanı sıra Se uygulama zamanı, oranı, metodu, Se formu ve bitki türü olarak sıralanabilir (Rengel vd., 1999).

Bu çalışma ile hayvan beslenmesinde kullanılan silajlık mısırdaki sodyum selenit (Na₂SeO₃) ve sodyum selenat (Na₂SeO₄) uygulamalarının yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan sayısı, rastıklı bitki sayısı, koçan/bitki oranı, yaprak/sap oranı, bitki boyu gibi bitkisel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Araştırma lokasyonu

Araştırma, 2013 ve 2014 yıllarında GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Talatdemirören Araştırma İstasyonu'nda Se noksanlığı görülen arazilerde yürütülmüştür. Şanlıurfa Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dahil olmakla birlikte, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık olan bir iklim özelliği göstermektedir. Güneyden kuzeye ve batıdan doğuya gittikçe yağış miktarı artmaktadır. Aylık ortalama sıcaklıklar temmuz ve ağustos aylarında 32 °C civarındadır. Günlük en yüksek sıcaklıklar ise aynı aylarda görülmektedir ve bu güne kadar kaydedilen günlük en yüksek sıcaklık temmuz ayında 46.8 °C olarak ölçülmüştür. Günlük ortalama güneşlenme süresi yaz aylarında 12 saati geçmektedir. Şanlıurfa, Türkiye'de nispi nemin en düşük olduğu hat üzerindedir ve yaz aylarında nispi nem % 35 civarındadır.

Araştırmada kullanılan mısır çeşidi ve selenyum kaynakları

Mısır çeşidi olarak bölgede yoğun olarak yetiştirilen DKC 955 F₁ silaj mısır çeşidi, selenyum kaynağı olarak ise sodyum selenit (Na₂SeO₃) ve sodyum selenat (Na₂SeO₄) kullanılmıştır. Katı halde bulunan sodyum selenit suda çözünme özelliğine sahiptir (20 °C ta 85 g/100 g su), moleküler ağırlığı 172.9 g'dır. Sodyum selenitteki selenyum +4 oksidasyon durumundadır ve doğal olarak bulunur.

Katı halde bulunan sodyum selenatın moleküler ağırlığı 188.94 g'dır. Bu molekül suda çözünbilme özelliğine sahiptir (20 °C ta 83 g/200 g su). Sodyum selenattaki Se en yüksek oksidasyon seviyesindedir (+6) ve bu özelliği nedeniyle de alkalın ve diğer oksitleyici şartlar altında stabil bir konumdadır. Sodyum selenat alkalın suda Se'un en sık görülen formudur (Sangbom vd., 2005).

Deneme deseni

Denemeler, 2013 ve 2014 yıllarında II. ürün tane mısır denemesi olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde 8 Se seviyesi (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹) kullanılmıştır. Selenit tohum ekiminden önce toprağa sıvı halde, selenat ise mısır bitkisi 50-70 cm boyuna geldiğinde yaprakтан uygulanmıştır. Ekim işlemi; sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 16 cm olacak şekilde mibzer ile araştırmanın ilk yılında 24 Haziran 2013, ikinci yılında ise 17 Haziran 2014 tarihinde yapılmıştır. Araştırmanın her iki yılında deneme kurulacak arazide deneme öncesi alınan toprak örneğinin analiz sonuçları dikkate alınarak verilecek gübre miktarları belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Vejetasyon süresi boyunca mısıra verilecek gübre miktarları saf olarak 25 kg da⁻¹ azot (N) ve 10 kg da⁻¹ fosfora (P) tamamlanmıştır. Toprakta alınabilir potasyum (K) miktarı yeterli olduğundan K uygulanmamıştır. Son toprak işleme uygulamasından önce P'nin tamamı ve N'nin bir kısmı taban gübresi olarak toprağa karıştırılarak verilmiştir. N'li gübrenin geri kalan kısmı ise üst gübre olarak mısır bitkileri 30-40 cm boylandığında banda verilmiştir. Ekimden hemen sonra çıkış suyu verilmiştir. Diğer sulamalar, parsellere mümkün olduğunca eşit su verilecek şekilde karık

usulü yapılmıştır. Yüzey akışını engellemek için parseller arasına set yapılmıştır. Uygun zamanlarda çapa ve bir defa boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Çıkıştan sonra gerektiğinde yabancı otlara karşı yabancı ot ilaçları kullanılmış, ayrıca sap kurdu ve koçan kurdu vb. zararlılara karşı ilaçlı mücadele yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü her iki yılda, deneme öncesi denemenin kurulacağı arazideki su kaynağından su örneği alınarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Bitkisel ölçümler

Yatma (adet), her parselde fizyolojik olum döneminden sonra bitkinin dik duruşuna göre 300'lik derecelik acıdan fazla yatan bitki sayısı sayılmıştır. Bitki görünümü (1-5), çeşide ait bitki formu homojen bir şekilde zayıf ya da kuvvetli görünüm oluşturulmasına göre, 1-5 skalası ile değerlendirilmiştir. Çeşide ait bitkilerin görünümü kuvvetli ve sağlıklı bir yapı oluşturmuş ise 1, zayıf, cılız ve deformasyonlu bir görünüm varsa 5'e kadar değer verilmiştir. Kurtlu koçan sayısı (adet) ve rastıklı bitki sayısı (adet parsel⁻¹) hasattan önce ortadaki iki sırada tespit edilmiştir. Koçan/bitki oranı (%), her parselden rastgele seçilen en az 5 bitkinin koçan ağırlıkları ve bitki ağırlıkları tespit edilmiş ve oranlanmıştır. Yaprak/sap oranı (%), her parselden rastgele seçilen en az 5 bitkinin (koçan hariç) yaprak ve sap ağırlıkları tespit edilerek oranlanmıştır. Bitki boyu (cm), dölllenme sonrası toprak seviyesinden tepe püskülünün en uçtaki noktasına kadar olan mesafedir. Yeşil ot verimi (kg da⁻¹), orta iki sıradan hasat edilen bitkilerin tartılması ile belirlenmiştir. Koçanda süt çizgisi 1/2-1/3 durumunda olan bitkiler (% 60-65 su) hasat edilmiştir. Biçim toprak seviyesinden 5-6 cm yükseklikten yapılmıştır. Elde

Çizelge 1. Araştırma yerine ait deneme öncesi toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden bazıları

Table 1. Some of the physical and physical properties of the soil of the trial site

Yıl	EC ds m ⁻¹	pH	Kireç %	P ₂ O ₅ kgda ⁻¹	K ₂ O kgda ⁻¹	N %	S ppm	Mg ppm	B ppm	Se ppb	Kum %	Silt %	Kil %
2013	0.98	7.9	31.2	7.6	138	0.06	18.5	1678	0.32	3.9	28.5	19.6	51.9
2014	1.06	7.5	29.2	4.2	151	0.07	16.6	840	1.27	3.5	27.5	19.3	53.2

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Table 2. Analysis results of irrigation water used in the study

Yıllar	EC µSm ⁻¹	Katyonlar (me L ⁻¹)				Anyonlar (me L ⁻¹)					pH	SAR	B	Sınıf
		Na	K	Ca + Mg	Top. katyon	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Top. Anyon				
2013	354	0.08	0.02	3.2	3.3	-	1.9	1.1	0.3	3.3	7.45	0.06	-	T ₂ A ₁
2014	356	0.8	0.02	3.3	3.4	-	2.8	1.2	0.4	3.3	7.49	0.06	-	T ₂ A ₁

edilen veriler birim alan verimine çevrilmiştir ($t\ ha^{-1}$). Kuru madde verimi ($kg\ da^{-1}$), biçimden sonra her parselden yeşil ot için hasat edilen parseli temsil eden 1 bitki rastgele alınıp parçalanmış (1-2 cm) ve kurutma dolabında 48 saat $105\ ^\circ C$ 'de kurutulmuştur. Örnek daha sonra 24 saat desikatörde bekletilip tartılarak, kuru madde oranı belirlenmiştir. Elde edilen kuru madde değeri yeşil ot verimi ile çarpılarak birim alan kuru madde verimine çevrilmiştir. Kuru madde (% KM), yaş ve kuru ot değerlerinden orantı yolu ile belirlenmiştir.

Kimyasal analizler

Toprak örneklerinde, tekstür hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1955); pH 1:2,5 toprak:su karışımında, elektriksel iletkenlik (EC) saturasyon çamurunda, kireç ($CaCO_3$) Scheibler kalsimetresi ile (Tüzüner, 1990); organik madde (OM) modifiye Walkley-Black yöntemiyle (Black, 1965); toplam N modifiye Kjeldahl yöntemiyle, değişebilir K, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ve sodyum (Na) 1N amonyum asetat ($pH=7$) ekstraksiyonu ile (Kacar, 1995); alınabilir P $NaHCO_3$ ekstraksiyonu ile (Olsen ve Sommers, 1982); alınabilir demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) DTPA-TEA (Diethylene tetramine penta acetic acid-Triethanolamine) ekstraksiyonu ile (Lindsay ve Norvell, 1978),

alınabilir B ise topraktan sıcak su ile ekstrakte edilen B miktarının azometin-H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak (Kacar, 1995), alınabilir Se ise KH_2PO_4 ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen süzüğün (Çakmak vd., 2009) ETC-60 (Elektro Termal Temperature Controller) ve VGA-77 (Vapor Generator Aparatus) aparatlarının bağlandığı Atomik Absorbsiyon Spectrofotometre cihazı (ASS) ile okunması sonucu belirlenmiştir.

İstatistik analizler

Denemelerden elde edilen veriler her yıl varyans analizi ile değerlendirilmiş, homojenlik testleri yapılmış, homojen varyanslarda birleşik varyans analizi uygulanmıştır, yıl X konu interaksyonu önemli çıktığında yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir, deneme konuları arasındaki farklılıklar ise LSD testleri ile kontrol edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Selenyum uygulamalarının yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan ve rastıklı bitki sayısı üzerine etkileri

Kontrol grubuna göre kıyaslama yapıldığında, uygulamalarının yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan ve rastıklı bitki sayısı üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir (Çizelge 3). Deliboran vd. (2018a)

Çizelge 3. Selenyum uygulamalarının yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan sayısı ve rastıklı bitki sayısı üzerine etkileri

Table 3. The effects of selenium applications on odging, plant appearance, worm maize ear number and smut plant number

Selenyum kaynağı	Uygulama seviyeleri	Yatma (adet parsel ⁻¹)		Bitki görünümü (1-5 skalası)		Kurtlu koçan sayısı (adet parsel ⁻¹)		Rastıklı bitki sayısı (adet parsel ⁻¹)	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Sodium selenit	0 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	0
	5 g ha ⁻¹	0	0	1	2	0	0	0	1
	10 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	1
	15 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	1
	25 g ha ⁻¹	0	0	1	1	0	0	0	0
	50 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	0
	75 g ha ⁻¹	0	0	1	1	0	0	0	1
	100 g ha ⁻¹	0	0	1	1	0	0	0	0
Sodium selenat	0 g ha ⁻¹	0	0	1	2	0	0	0	0
	5 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	1
	10 g ha ⁻¹	0	0	2	1	0	0	0	1
	15 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	1
	25 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	0
	50 g ha ⁻¹	0	0	1	2	0	0	0	0
	75 g ha ⁻¹	0	0	2	2	0	0	0	1
	100 g ha ⁻¹	0	0	1	2	0	0	0	0

sodyum selenit ve sodyum selenat uygulamalarının tane mısırdaki yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapallığı, koçan görünümü ve rastıklı bitki sayısı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar araştırmacıların sonuçları ile uyum içerisinde.

Selenyum uygulamalarının bitki boyu üzerine etkileri

Selenit uygulamalarında bitki boyu değerleri açısından varyansların homojen olmadığı görülmüş ve birleşik varyans analizi uygulanmamıştır. Yıllar ayrı ayrı değerlendirildiğinde 2013 yılında bitki boyları 224-246 cm, 2014 yılında ise 231-240 cm arasında, en yüksek boy 2013 yılında 246 cm ile 15 g Se ha⁻¹, 2014 yılında ise 240 cm 50 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir, uygulamalar istatistiksel açıdan bitki boyu değerlerini etkilememiştir. Selenat uygulamalarında varyansların homojen olduğu görülmüş birleşik varyans analizi uygulanmıştır. Yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiksel olarak fark oluşmazken bitki boyları 236-239 cm arasında değişmiştir. En yüksek bitki boyu 239 cm ile 50 g Se ha⁻¹ ve 100 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiş, uygulamalar istatistiksel açıdan bitki boyu değerlerini etkilememiştir. Deliboran vd. (2018a) Şanlıurfa koşullarında yürüttükleri

çalışmada, sodyum selenit ve sodyum selenat uygulamalarının tane mısır bitki boyu değerlerinin etkilemediğini, sırasıyla bitki boyu değerinin 2013 yılında 218-230 cm ve 23-233, 2014 yılında ise 244-249 cm ve 244-251 cm arasında değiştiğini ifade etmektedir. Van koşullarında yapılan bir çalışmada bitki boyu değerlerinin 143.7-242.6 cm (Akdeniz vd., 2004); diğer birkaç çalışmada ise Samsun ili Çarşamba koşullarında 276-332 cm (Öner vd., 2011); Tokat koşullarında 177.4-292.4 cm (İptaş vd., 2002a) arasında değiştiği bildirilmektedir. Çalışmadan elde edilen bitki boyu değerleri her iki uygulama için araştırmacıların sonuçları ile uyum içerisinde.

Selenyum uygulamalarının koçan/bitki oranı üzerine etkileri

Koçan/bitki oranı açısından selenit uygulamalarında yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiksel olarak 0.05 önem düzeyinde fark oluşmuştur. Ancak yıl X konu interaksyonu önemli çıktığından yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Koçan/bitki oranı 2013 yılında % 43-52, 2014 yılında % 42-46 arasında değişmiştir. 2013 yılında konular arasında istatistiksel yönden fark oluşmuş, en yüksek değerler 2013 yılında % 52 ile 5 g Se ha⁻¹ uygulamasından, 2014 yılında ise % 46 ile 10 g Se ha⁻¹, 15 g Se ha⁻¹

Çizelge 4. Selenyum uygulamalarının bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı ve tane/koçan oranı üzerine etkileri

Table 4. Effects of selenium applications on plant height, ear size, ear number and grain / ear ratio

Selenyum kaynağı	Uygulama seviyeleri	Bitki boyu (cm)			Koçan/bitki oranı (cm)			Yaprak/sap oranı (%)		
		2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT
Sodium selenit	0 g ha ⁻¹	243	235	239	44 cd	43	44	34 d	44	39
	5 g ha ⁻¹	224	231	228	52 a	44	48	44 ab	42	43
	10 g ha ⁻¹	240	232	236	43 d	46	45	45 a	41	43
	15 g ha ⁻¹	246	235	241	44 cd	46	45	47 a	41	44
	25 g ha ⁻¹	238	238	238	45 cd	43	44	36 cd	39	38
	50 g ha ⁻¹	235	240	238	51 ab	46	49	43 ab	41	42
	75 g ha ⁻¹	229	236	233	46 cd	45	46	39 bc	40	40
	100 g ha ⁻¹	233	235	234	48 bc	42	45	40bc	43	42
Sodium selenat	0 g ha ⁻¹	243	232	238	44	43	44	39.39 bcd	36	37 CD
	5 g ha ⁻¹	240	231	236	43	44	43	33.34 e	36	35 D
	10 g ha ⁻¹	241	231	236	42	45	43	37.73 cde	40	39 BC
	15 g ha ⁻¹	244	232	238	46	45	46	35.30 de	40	38 CD
	25 g ha ⁻¹	239	237	238	38	45	42	39.47 bcd	42	41 ABC
	50 g ha ⁻¹	237	241	239	46	46	46	42.86 abc	42	42 AB
	75 g ha ⁻¹	234	242	238	47	45	46	43.48 ab	41	42 AB
	100 g ha ⁻¹	239	240	239	40	42	41	45.67 a	39	43 A

ve 50 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. Selenat uygulamalarında yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiki olarak fark oluşmazken koçan/bitki oranı % 41-46 arasında değişmiştir. En yüksek koçan/bitki oranı % 46 ile 75 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4). Akdeniz vd. (2004) Van koşullarında koçan/bitki oranı % 38.20-49.00; Özata vd. (2012) Samsun ili Çarşamba'da % 30-48; Öner vd. (2011) Samsun-Çarşamba lokasyonunda % 33-41; İptaş vd. (2002a) ise Tokat ekolojik koşullarında % 32.9-42.0 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen koçan/bitki oranı değerleri her iki uygulama için araştırmacıların sonuçları ile uyum içerisinde.

Selenyum uygulamalarının yaprak/sap oranı üzerine etkileri

Selenit uygulamalarında yaprak/sap oranı bakımından yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiki olarak 0.05 önem düzeyinde fark oluşmuştur. Ancak yıl X konu etkileşimi önemli çıktığından yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yaprak/sap oranı değerleri 2013 yılında % 34-47, 2014 yılında % 39-44 arasında değişmiştir. 2013 yılında konular arasında istatistiki yönden fark oluşmuş, en yüksek değerler 2013 yılında sırasıyla % 45 ve % 47 ile 10 g Se ha⁻¹ ve 15 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilirken, 2014 yılında % 44 ile 0 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Selenat uygulamalarında ise konular arasında istatistiki olarak 0.01 önem düzeyinde fark oluşmuş ve yaprak/sap oranı % 34.65-42.54 arasında değişmiştir. En yüksek değer ise % 43 ile 100 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4). Yaprak/sap oranının Van koşullarında yapılan çalışmada % 17.30-23.50 (Akdeniz vd., 2004); Samsun ili Çarşamba'da %14-22 (Özata vd., 2012) ve % 26-43 (Öner vd., 2011); Tokat ekolojik koşullarında ise % 15.3-21.2 (İptaş vd., 2002a) arasında değiştiği bildirilmektedir. Çalışmadan elde edilen yaprak/sap oranı değerleri Öner vd. (2011) ile uyumlu iken, Yılmaz (1999); Akdeniz vd. (2004); Özata vd. (2012) ve İptaş vd. (2002a)'dan yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın çeşit özelliği ve bakım şartlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bitki gelişiminde selenyumun etkisi bitki türüne ve çeşidine bağlı olduğu bazı çalışmalarda ileri sürülmektedir. Örneğin Monivip hindiba çeşidinde toplam kuru madde oranının Se uygulanan bitkilerde kontrol grubuna göre yüksek

olduğu, ancak aynı çeşitte iki grup arasında bitki gelişimi açısından herhangi bir fark gözlenmediği, selenyum uygulamaları (43 ng Se g⁻¹ KM - 46 ng Se g⁻¹ KM) ile hindiba başlarındaki Se içeriği kontrol grubuna (21 ng Se g⁻¹ KM - 24 ng Se g⁻¹ KM) göre iki kat fazla çıktığı bildirilmektedir (Germ ve ark., 2007). Benzer şekilde düşük dozda selenat uygulamasının (1 mg Se kg⁻¹) GF677 Prunus anacında bitki gelişimini teşvik ederken MR.S.2/5 anacının biyokütlesinde herhangi bir değişiklik gözlenmediği ifade edilmektedir (Pezzarossa vd., 2009). Selenyum uygulamalarının bitkilerde, örneğin buğdayda (Çakmak vd., 2009; Dusçay vd., 2007) ve mısırdaki (Chilimba vd., 2012) tane ve silaj verimi ile diğer bitkisel özellikleri etkilemediği, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırdığı bilinmektedir. Bu fikir farklı bitki türlerinde birçok çalışma ile literatürde desteklenmiştir (Broadley vd., 2010; Duma vd., 2011; Cartes vd., 2011; Poldma vd., 2011; Chilimba vd., 2012a Longchamp vd., 2013; Deliboran vd., 2018a; 2018b; Deliboran, 2020). Deliboran vd. (2018a) tane mısırdaki selenyum uygulamalarının istatistiksel açıdan bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı, tane/koçan oranı, 1000 dane ağırlığı gibi bitkisel özellikleri etkilemediğini belirtmektedir.

Se uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediği birkaç tane çalışmasından biri olan ve saksıda yürütülen çalışmada, Se uygulamaları ile kontrol grubuna göre patates bitkisinden yüksek yumru verimi alındığı, bunun da Se'nin yaşlanmayı geçiktiren antioksidatif etkisiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Turakainen, 2007). Hidroponik denemelerde Se uygulamalarının Brassica tohum üretiminde % 43 oranında artışa neden olduğu, bunun da yapraklarda ve çiçeklerdeki yüksek solunum aktivitesi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Lyons vd., 2009). Se uygulamalarının genç hindibalarda solunum oranını (Germ vd., 2007), mısırdaki ise kuraklık stresi düzeyinin arttığı dönemde antioksidan aktivitesini, antioksidan düzeyini ve tane verimi arttırdığı bildirilmiştir (Sajedi vd., 2011). Sonuç olarak bitkilerde Se uygulamalarının antioksidan aktivitesinin ve solunum potansiyelinin artması nedeniyle pozitif etkili olabildiği (Rengel vd., 1999), birçok faktörün Se etkinliğini artırarak etkilediği, özellikle toprak ve iklim koşullarının dışında uygulama zamanı, oranı, metodu, Se formu ve bitki türünün etkili olduğu düşünülmektedir (Deliboran vd., 2018b).

Se uygulamalarının bitkilerde verim ile diğer bitkisel özellikleri etkilemediği, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırdığı bilinmektedir. Chilimbia vd. (2012) çeşitlere göre tane mısır veriminin 2764-7009 kg ha⁻¹, silaj mısır veriminin de 4758-15792 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini, Se uygulamaları ile tane ve silaj Se içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Deliboran vd. (2018a; 2018b) topraktan uygulanan sodyum selenit ile yaprakтан uygulanan sodyum selenat uygulamalarının tane mısırdaki tane verimini ve biomas özelliklerini etkilemediğini, selenit uygulamalarında verim ve biomas değerlerinin sırasıyla 9.10-9.52 t ha⁻¹ ve 7.87-8.34 t ha⁻¹, selenat uygulamalarında ise 8.28-8.99 t ha⁻¹ ve 8.01-8.50 t ha⁻¹ arasında değiştiğini, Se uygulamaları ile tanenin Se içeriğinin arttığını bildirmektedir. Wang vd. (2013) topraktan ve yaprakтан Na₂SeO₃ formunda Se uygulamalarının mısır tane ve silaj verimini etkilemediğini, topraktan uygulamada sırasıyla 2009 yılında 5.41-9.13 t ha⁻¹, 2010 yılında ise 7.93-12.25 t ha⁻¹, yaprakтан uygulamada sırasıyla 2009 yılında 6.15-9.91 t ha⁻¹, 2010 yılında ise 9.58-17.05 t ha⁻¹ verim aldıklarını bildirmektedir. Hidroponik sulama suyuna Se eklenmesi ile mısır bitkisinde (Longchamp vd. 2013) ve marulda (Duma vd., 2011) verimin artmadığı, 60 g Se ha⁻¹ oranına kadar Se ile tohum muamelesinin üç çim çeşidinde de verimi etkilemediği (Cartes vd., 2011) görülmüş, buğdayda (Broadley vd., 2010), sarımsakta (Poldma vd., 2011) ve mısırdaki tane ve silaj (Chilimba vd., 2012a) veriminin artmadığı tespit edilmiştir.

SONUÇLAR

Silajlık mısırdaki topraktan uygulanan sodyum selenit ile yaprakтан uygulanan sodyum selenat uygulamalarının bitkisel özellikler üzerine etkileri irdelenecek olursa; kontrol grubuna göre kıyaslama yapıldığında uygulamalarının silajlık mısırdaki yatma, bitki görünümü, kurtlu koçan sayısı ve rastıklı bitki sayısı üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Selenit uygulamaları istatistiksel açıdan koçan/bitki oranı ile yaprak/sap oranı değerlerini etkilemiştir ve yıl X konu interaksyonu önemli çıkmıştır. Her iki uygulamada 2013 yılında konular arasında istatistiki yönden fark oluşmuş, en yüksek değerler sırasıyla % 52 ile 5 g Se ha⁻¹ uygulaması ile % 45 ve % 47 ile 10 g Se ha⁻¹ ve 25 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. Selenat uygulamaları koçan/bitki oranı değerleri istatistiksel olarak etkilemezken yaprak/sap oranlarını etkilemiş, en yüksek değerler % 43 ile

100 g Se ha⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. Selenyum uygulamaları bitki boyu değerlerini etkilememiştir. Toprakтан uygulanan sodyum selenit ile yaprakтан uygulanan sodyum selenat uygulamalarının silajlık mısırdaki bitkisel özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda; Selenyum uygulamalarının birçok bitkisel özelliği etkilemediği, uygulamaların sadece koçan/bitki oranı ile yaprak/sap oranı gibi bazı bitkisel özellikleri etkilediği görülmektedir. Selenyum uygulamalarının genel olarak mısır bitkisinin bitkisel özelliklerini etkilemediği, uygulamaların mısır hasılına Se içeriği ve yem kalitesi açısından etkili olabileceği yapılan çalışmalarda ileri sürmektedir. Ancak bitkilerde Se uygulamalarının pozitif etkili olabileceği, birçok faktörün Se etkinliğini artırarak etkilediği, özellikle toprak ve iklim koşullarının dışında uygulama zamanı, oranı, metodu, Se formu ve bitki türünün etkili olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz E (1991). Yem bitkileri. Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Yayın No: 7-025-0210, Bursa.
- Açıkgöz E (2001). Yem bitkileri (3.Baskı). Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, Bursa.
- Alçipek A, Karaayvaz BK (2003). 2002 yılı çiftçi koşullarında silo yemi yapımında yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri. TAYEK/TYUAP Toplantısı Bildirileri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 106, 136-146.
- Ak I, Doğan R (1997). Bursa bölgesinde yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinin verim özellikleri ve silaj kalitelerinin belirlenmesi. Türkiye I.Silaj Kongresi, 16-10 Eylül, Bursa, s. 83-92.
- Akdeniz H, Yılmaz İ, Andiç N, Zorer Ş (2004). Bazı mısır çeşitlerinde verim ve yem değerleri üzerine bir araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, J. Agric Sci., 14(1): 47-51.
- Black CA (1965). Methods of soil analysis, Part 2. American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA, pp. 1372-1376.
- Bouyoucos GJ (1951). Arecalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil. Argon Journal, 43: 433-437.
- Broadley MR, Alcock J, Alford J, Cartwright P, Foot I, Fairweather-Tait SJ, Hart DJ, Hurst R, Knott P, McGrath SP, Meacham MC, Norman K, Mowat H, Scott P, Stroud JL, Tovey M, Tucker M, White PJ, Young SD, Zhao FJ (2010). Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. Plant Soil, 332: 5-18.
- Chilimba ADC, Young SD, Black CR, Meacham MC, Lammel J, Broadley MR (2012). Agronomic biofortification of maize with selenium (Se) in Malawi. Field Crop Research. 125: 118-128.

Chilimba ADC, Young SD, Black CR, Meacham MC, Lammel J, Broadley MR (2012a). Agronomic biofortification of maize with selenium (Se) in Malawi. *Field Crop*, 125: 118-128.

Cartes P, Gianfreda L, Mora ML (2005). Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenite and selenate forms. *Plant Soil*, 276: 359-367.

Çakmak İ, Öztürk L, Başağa H, Çekiç C, Taner S, Irmak S, Geren H, Kılıç H, Aydın N, Avcı M, Gezgin S (2009). Türkiye’de seçilmiş bölgelerde buğdayların ve toprakların selenyum konsantrasyonunun araştırılması, selenyum gübrelemesine buğdayın reaksiyonu ve selenyumca zengin genotiplerin fizyolojik olarak karakterizasyonu. Proje No: 105 0 637. Tübitak Sonuç Raporu.

David JG (1995). Diagnosing Selenium Toxicity, Colorado State University Cooperative Extension.

Deliboran A (2016). Selenyum, bitki, hayvan ve insan sağlığı. *Bilinçli Yaşam Dergisi*, Ocak 2016, Sayı: 12 ISSN 2149-147X.

Deliboran A (2020). The effects of sodium selenate application on yield, field quality and selenium content of silage maize. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, Agricultural Academy* (in press on 6/2020).

Deliboran A, Işık Y, Aslan H, Nacar AS, Kara H, Tekgül YT, Harmanakaya M, Gezgin S (2018a). Selenyum uygulamalarının tane mısırdaki verim parametreleri ile tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri. *Toprak İlimi ve Bitki Besleme Dergisi, Soil Science Society of Turkey*, ISSN 2146-8141, 6(1): 1-11.

Deliboran A, Işık Y, Aslan H, Nacar AS, Kara H, Tekgül YT, Harmanakaya M, Gezgin S (2018b). Effect of selenium application method on selenium and macro-micro nutrient content of grain maize in Turkey. *YYU J AGR SCI*, ISSN: 1308-7576, e-ISSN: 1308-7584, 2018 (28): 294-306.

Duma M, Alsin, I, Dubova L, Stroksa L, Smiltina Z (2011). The effect of sodium selenite and selenate on the quality of lettuce. In: Conference proceedings of the 6th Baltic Conference on Food Science and Technology Foodbalt, Jelgava, Latvia.

Duscaj L, Lozek O, Varga L (2009). The influence of selenium soil application on its content in spring wheat, *Plant Soil Environ.*, 55(2): 80-84.

Eriksson J (2001). Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, farmyard manure, mineral fertilizer, precipitation and in oil and crops. Report 5159, The Swedish Environmental Protection Agency.

FAO (2014). <http://www.fao.org>.

Germ M, Stibilj V, Osvald J, Kreft I (2007). Effect of selenium foliar application on chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 795-798.

Gökçe R (2000). Hayvancılıkta Mutlak Kar Getiren Yem Silaj. Süttaş, Süt Hayvancılığı Eğitim Merk. Yayınları. Bursa.

İptaş S, Öz A, Boz A (2002a). Tokat-Kazova koşullarında 2. ürün silajlık mısır yetiştirme olanakları. *AÜ. Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(3): 185-191

Kacar B (1995). Plant and soil chemical analysis, III. Soil

analysis. University Faculty of Agriculture, Educational Research and Development Foundation Publication No: 3, Ankara.

Kılıç, A (1986). Silo Yemi. Bilgehan Basımevi, Bornova-İzmir, s:3-327.

Lindsay WL, Norwell WA (1978). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 422-428.

Longchamp M, Angeli N, Castrec-Rouelle M (2013). Selenium uptake in Zea mays supplied with selenate or selenite under hydroponic conditions. *Plant and Soil*. 362 (1-2): 107-117.

Lyons GH, Genc Y, Soole K, Stangoulis J, Liu F, Graham RD (2009). Selenium increases seed production in Brassica. *Plant Soil*, 318: 73-80.

Olsen SR, Sommers EL (1982). Phosphorus soluble in sodium bicarbonate, methods of soil analysis, part 2, chemical and microbiological properties. Edit: A, 1. page, R, H, Miller, D, R, Keeney, pp. 404-430.

Öner F, Aydın İ, Sezer İ, Gülümser A, Özata E, Algan D (2011). Bazı silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. IX. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa.

Özata E, Öz A, Kapar H (2012). Silajlık hibrit mısır çeşit adaylarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1): 37-41.

Poldma P, Tõnutare T, Viitak A, Luik A, Moor U (2011). Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 5498-5503.

Rengel Z, Batten GD, Crowley DE (1999). Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crop Research*, 60: 27-40.

Sajedi N, Ardakani M, Madani H, Naderi A, Miransari M (2011). The effects of selenium and other micronutrients on the antioxidant activities and yield of corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Physiology Molecular Biology of Plants*, 17: 215-222.

Sangbom ML, Laurence IH, Michael R, Ross MW, Leon VK, Li L (2005). Molecular and Biochemical Characterization of the Selenocysteine Se-Methyltransferase Gene and Se-Methylselenocysteine Synthesis in Broccoli. *Plant Physiology*, 138 (1): 409-420.

Seppanen M, Turakainen M, Hartikainen H (2003). Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science*, 165 (2): 311-319.

Surai PF (2000). Organic selenium: Benefits to animals and humans, a Biochemist’s View. Proceedings of the 15th Annual Biotechnology in the Feed Industry Symposium. Pp. 205-242.

Pezzarossa B, Piccotino C, Shennan C, Malorgio F (1999). Uptake and distribution of selenium in tomato plants as affected by genotype and sulfate supply. *Journal of Plant Nutrition*, 22(10):1613-1635.

TUIK (2008). Türkiye İstatistik Enstitüsü Kurumu Verileri. <https://www.tuik.gov.tr>/Turakainen M (2007). Selenium

and its effects on growth, yield and tuber quality in potato.
Doctoral thesis, University of Helsinki, Finland.

Tuzuner A (1990). Soil and Water Analysis Handbook.
Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs General
Directorate of Rural Services, Ankara, p.16.

Yılmaz İ (1999). Van koşullarında silajlık mısır yetiştirme
olanakları üzerine bir araştırma. GAP I. Tarım Kongresi, 26-28
Mayıs 1999, Şanlıurfa, 703-710s.

Wang J, Wang Z, Mao H, Zhao H, Huang D (2013).
Increasing Se concentration in maize grain with soil-or foliar-
applied selenite on the Loess Plateau in China. Field Crops
Research, 150: 83-90.

Xue TL, Hartikainen H (2000). Association of antioxidative
enzymes with the synergistic effect of selenium and UV
irradiation in enhancing plant growth. Agric Food Sci. Finn.,
9: 177-186.

Kocadere Havzasında Sediment Veriminin Arazi Ölçümlerine ve MUSLE Modeline Dayalı Olarak Tahmin Edilmesi

Gülay YILMAZ¹. *

Lutfullah ARUĞASLAN¹

Gözen YÜCEERİM¹

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, İzmir-Türkiye

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

Geliş tarihi (Received) : 09.03.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.700706

Öz

Türkiyenin içinde bulunduğu coğrafi konum, topoğrafya, toprak özellikleri, erozyona elverişli jeomorfolojik yapı, arazi kullanımındaki değişimler ve iklim koşulları toprakların erozyona karşı duyarlılığını artırmaktadır. Bu nedenle erozyon ve onun sonucu olan sedimentasyon, toprak ve su kaynaklarıyla ilgili en önemli problemlerdendir. Balıkesir-Bigadiç Kocadere Havzasında 2009-2013 yılları arasında yürütülen bu araştırmada, alt havzada yağış, akım ve süspansediment ölçümlerine dayalı olarak, havza sediment veriminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, 2009-2013 yıllarını kapsayan 5 yıllık ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Söz konusu periyotta otomatik sediment örnekleyici ile gerçekleştirilen süspansediment örneklemelerine ve akım verilerine dayalı olarak havzanın sediment anahtar eğrisi çıkarılmıştır. Buna göre alt havza sediment verimi 2.11 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda, havza sediment verimini tahmin etmek amacıyla MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) eşitliği kullanılmıştır. Araştırma periyodu için MUSLE ile tahmin edilen sediment verimi ise 2.22 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olmuştur. MUSLE modelinin havza koşullarında uygulanabilirliği, 13 adet bireysel olay süresince arazide ölçülen sediment verisiyle test edilmiş ve elde edilen belirtme katsayısı değeri 0.92 olmuştur. Yüksek akımlar için sediment verimi tahmininde MUSLE daha iyi sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir Bigadiç, havza, MUSLE, sediment verimi, toprak erozyonu

Estimation of Sediment Yield Based on Field Measurements and MUSLE Model in Kocadere Watershed

Abstract

The geographical location, topography, soil characteristics, favorable geomorphological structure to erosion, land use changes and climatic conditions of Turkey, increase soil sensitivity to erosion. Therefore, soil erosion and consequent sedimentation are the most important problems that threaten our soil and water resources. In this research conducted between the year of 2009-2013 in Balıkesir-Bigadiç-Kocadere Watershed, it is aimed to determined sediment yield based on the rainfall, runoff and suspended sediment measurements in subwatershed. 5 year measurement results covering the years 2009-2013 were evaluated in the research. Sediment rating curve of the watershed has been derived from flow rate and suspended sediment measured with automatic sediment sampler at the subwatershed. With reference to this, annual average sediment yield of subwatershed was 2.11 ton ha⁻¹ yıl⁻¹. At the same time, in order to estimate of watershed sediment yield, MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) equation was used. Sediment yield estimated by MUSLE for the research period was 2.22 ton ha⁻¹ yıl⁻¹. The applicability of the MUSLE model under watershed

conditions was tested with sediment data measured in the field during 13 individual events and obtained coefficient of determination was 0.92. MUSLE gave better results in predicting sediment yield for high storms.

Keywords: Balıkesir Bigadiç, watershed, MUSLE, sediment yield, soil erosion

GİRİŞ

Verimli arazilerde verim kaybına, toprak yapısında bozulmalara, taşkın riski ve zararının artmasına ve su depolama yapılarının hacminin azalmasına sebep olan etkenlerin başında sedimantasyon gelmektedir. Mülga EİE Genel Müdürlüğü ile DSİ Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllık süspansediment miktarı ölçüm sonuçlarına göre, ülkemizin akarsularından ortalama yılda 118.866.090 tonluk süspansediment taşınımı olmaktadır. Bu değer ülkemizin 766.878 km²'lik net yağış alanından taşınan miktardır. Buna % 25'lik yatak yükü miktarı eklendiğinde taşınan toplam sediment miktarının 148.582.613 tona ulaştığı belirtilmektedir. Diğer yandan Türkiye için hesaplanan alan ağırlıklı ortalama süspansediment verimi 155 ton yıl⁻¹ km² olarak bulunmuştur. Sediment iletim oranının % 20 olarak kabul edildiği ülkemizde, erozyonla taşınan toprak miktarı ise 571.471.585 m³ yıl⁻¹'a ulaşmaktadır (Anonim, 2015).

Küçük havzalarda (~10 km²) yüzey akış derinliğinin az ve akımların düzensiz olması nedeniyle sediment verimini saptamada su örnekleme stratejileri önemli rol oynamaktadır. Örneklemenin planlanmasında havza boyutunun ve mevsimin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Akım ölçümleri, örnekleme zamanı, su örnekleme aralıkları ve metotları ile sediment konsantrasyonunu belirleme teknikleri dikkate alınarak, sediment verimi kayıtlarının doğruluğu ile ilgili pek çok araştırma sonuçları yayınlanmıştır. Akım ölçümleri ve sediment örnekleminin doğru zamanlı olarak gerçekleştirilmesi ve doğru şekilde çalışan aletlerle küçük havzalardan sediment veriminin %10 dan daha az bir hatayla saptanabileceği belirtilmiştir (Baade ve Liese, 2002).

Akarsu ve nehirlerde sediment hareketinden yola çıkılarak toprak kaybının tahmininde karşılaşılan birtakım problemler söz konusudur. Bunlar; örnekleme ya da ölçüm yapmak zaman alıcı ve pahalı olabilmektedir, diğer yandan ölçümlerin doğruluğunun düşük olması olasılığı her zaman vardır, bir akarsuda sediment hareketi ile ilgili iyi

veriler olsa bile, toprağın nereden ve ne zaman taşındığı bilinmemektedir. Tüm bu problemlere rağmen, farklı akarsularda, yılın farklı zamanlarında ya da farklı arazi kullanımı altında havzalardaki sediment hareketini gözlemlemek ve karşılaştırmak önem taşımaktadır. Sediment iletim ölçümleri birçok basitleştirilmiş kabuller gerektirmektedir. Bunun nedeni sediment taşınımının dinamik bir olay olması ve ölçüm tekniklerinin su kütlesinde, özellikle de akarsu sistemlerindeki sürekli değişen koşulları yeterli doğrulukta tanımlayamamasıdır (Hudson, 1993).

Günümüzde havzalarda sediment araştırmalarına dayalı olarak erozyon süreçlerini daha iyi anlamada, erozyon tahmin teknolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaman içinde yağış dağılımındaki varyasyonlara bağlı olarak taşınan sediment miktarındaki değişkenliğin yağış faktörü yerine bir yüzey akış faktörüyle açıklanabileceğini belirten Williams ve Berndt (1977), havzalarda sediment verimini tahmin etmede, MUSLE modelini önermişlerdir. MUSLE ile sediment veriminin tahmininde doğruluk artmakta ve aynı zamanda sediment iletim oranının belirlenmesine olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır (Pandey vd., 2009; Banasik ve Walling, 1996; Kinnell ve Risse, 1998; Sadeghi vd., 2004; 2007).

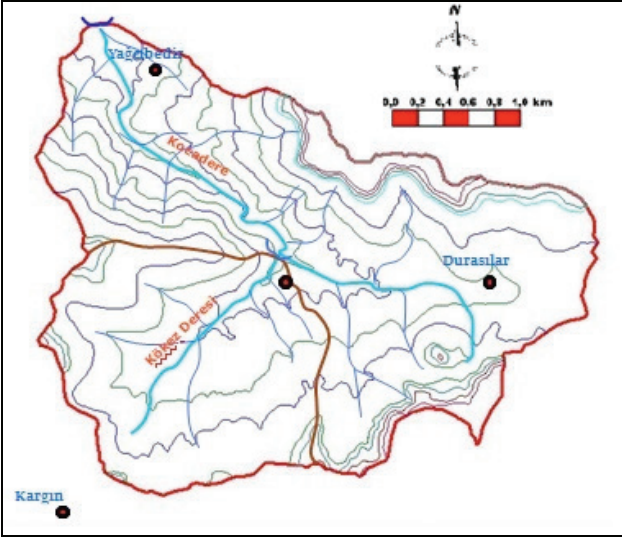
Akarsuda süspansediment örneklemesine dayalı olarak havza sediment verimini belirlemek amacıyla, araştırma alanı olan Balıkesir-Bigadiç Kocadere Havzasında alt havza düzeyinde elde edilen ölçüm sonuçları bu çalışmada değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma alanı olarak belirlenen Kocadere Havzası, Susurluk Büyük Akarsu Havzası içinde Balıkesir İlinin Bigadiç İlçesinde yer almaktadır. 39° 25' 12" N enlemi, 28° 11' 52" E boylamında yer alan havza 11.366 km² alana sahip olup, havza maksimum yüksekliği 737.0 m, havza minimum yüksekliği 255.0 m'dir. Havza topoğrafik haritası Şekil 1'de verilmiştir. Havza genel alanının

%55.19'u çok eğimli ile dik eğime sahip alanlardan oluşmaktadır. Arazi yetenek sınıfları bakımından II., VI., VII. ve VIII. sınıf araziler hakimdir. Arazi kullanım türleri ise mera, funda, orman (meşe-çamfıstığı) ve tarım arazisi şeklindedir.



Şekil 1. Kocadere Havzası topoğrafik haritası ve alt havzanın konumu

Figure 1. Topographic map of Kocadere Watershed and location of the sub-watershed

Araştırma kapsamında sediment gözlemleri Kocadere Havzası içerisinde alt havza düzeyinde gerçekleştirilmiştir. 3.660 km² (366 ha) lik alana sahip ve 2. dereceden kolu oluşturan Kökeç Deresi alt havzanın çıkış kotunda 448 m'de inşa edilmiş olan savak (beşgen yapıda) üzerinde su seviye ölçümleri ve süspanse sediment ölçümleri yapılmıştır (Şekil 2). Yağış verileri ise aynı noktada 450 m kotunda kurulan yağış istasyonundan elde edilmiştir. Savak üzerindeki (hız-yükseklik) ölçümlere bağlı olarak,



Şekil 2. Akım ve sediment ölçüm noktası

Figure 2. Flow and sediment measuring point

su yüksekliği ile debi arasındaki ilişkiyi veren savak anahtar eğrisi denklemiyle ($y=1,6615x^{1,8453}$) süspanse sediment ölçümlerinin gerçekleştirildiği 2009-2013 su yılları için günlük ortalama akım değerleri hesaplanmıştır (Yılmaz vd., 2015).

Sediment örnekleri, programlanabilir özelliğe sahip örnekleyici (Teledyne ISCO 6712) ile bireysel olay bazında alınmıştır. Örnekleyicinin çalışma prensibi, örnekleyiciye bağlı akım ölçerden su seviye bilgisi iletimine bağlı olarak istenilen aralıkta otomatik bir şekilde su örneğini almaya dayanmaktadır. Bu şekilde bireysel olay bazında 24 adet örnek alma imkanı olmuştur.

Yöntem

Havzada akarsu ile taşınan toplam sediment (süspanse +yatak yükü) veriminin saptanması için süspanse sedimentin %'si olarak yatak yükü ilave edilmiştir. Bu oranı belirlemede Maddock (1975) sınıflandırmasından yararlanılmıştır.

Sediment veriminin tahmin edilmesinde uygun tekniği belirlemede havzada etkili erozyon tipine, sediment kaynağına ve uygun verinin olup olmadığına bakmak gerekiyor. Toprak kayıplarının hesaplanması için Wischmeier ve Smith (1978)'in geliştirdiği USLE (Universal Soil Loss Equation) eşitliğinde yer alan yağış erozivite faktörü yerine yüzey akış enerji faktörünün esas alındığı Modifiye Edilmiş Üniversal Toprak Kayıpları eşitliği (MUSLE) sediment veriminin tahmininde kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında alt havzada sediment veriminin tahmini için MUSLE modeli kullanılmıştır. Modelin gerektirdiği akım verileri, alt havzada savak üzerinde su seviye – debi ölçümlerinden sağlanmıştır.

MUSLE ile sediment verimi aşağıdaki ilişkiyle "Eşitlik 1." ifade edilmektedir (Williams, 1975);

$$Y=11.8(Oq_p)^{0.56} K L S C P \quad (1)$$

Denkleme;

Y= sediment verimi (metrik-ton)

O= yüzey akış hacmi (m³)

q_p= pik debi (m³ sn⁻¹)

K=Toprak erozyon duyarlılık faktörü (ton ha saat ha⁻¹ Mj⁻¹ mm⁻¹)

C= Bitki örtüsü ve ürün yönetimi faktörü

P= Toprak koruma faktörü

LS=Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü

Eşitlikte yer alan yüzey akış enerji faktörünün ifadesi olan $11.8 (Oq_p)^{0.56}$ 'nin hesaplanması amacıyla alt havzada ölçülen akımlar Barnes metoduna (Barnes, 1940) göre bileşenlerine ayrılmıştır. Böylece her bir bireysel akıma ait yüzey akış hacmi (O) ve pik debi (q_p) değerleri belirlenmiştir.

Denklemin diğer kısmı için RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) eşitliğinde yer alan K, LS, C, P faktör değerleri kullanılmıştır. Havza geneline yayılan, GSP ile koordinatları belirlenen 65 noktadan alınan toprak örnekleri K faktör değerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. K faktörü, toprak erozyon duyarlılık eşitliği "Eşitlik 2." (Wischmeier ve Smith, 1978) kullanılarak "t ha saat ha⁻¹ Mj⁻¹ mm⁻¹" biriminde hesaplanmıştır. Bu eşitliğin metrik sistemdeki karşılığı aşağıda verilmiştir.

$$K=(2.1 \times 10^4) (12-OM)M^{1.4}+3.25 (s-2)+2.5(p-3)/7.59 \times 100 \quad (2)$$

Bu eşitlikte M, Eşitlik 3 ile ifade edilmektedir.

$$M= (\% \text{ mil} + \text{çok ince kum}) (100 - \% \text{ kil}) \quad (3)$$

Burada; K: Toprak erozyon duyarlılık faktörü, OM: % organik madde, M: % birincil tane boyu fraksiyonu, s: toprak stürüktür sınıfı, p: su geçirgenlik sınıfıdır.

Toprak erozyon duyarlılık eşitliği ile elde edilen K faktör değerleri başlangıç değer olarak alınmış, mevsimsel etkinin hesaplanmasında USDA 703 numaralı el kitabı esas alınmıştır (Renard vd., 1997). Böylece mevsimsel K faktörünün hesaplanmasıyla her bir toprak örneği için düzeltilmiş K değerleri elde edilmiştir. Düzeltilmiş K değerleri, K faktör haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır. Kocadere Havzası için K faktörünün hesaplanan dağılım aralığı 0.0033 ile 0.0266 ton ha saat ha⁻¹ Mj⁻¹ mm⁻¹ arasında olmuştur. Alt havzada MUSLE ile sediment veriminin tahmini için kullanılan ağırlıklı ortalama K değeri 0.022 ton ha saat ha⁻¹ Mj⁻¹ mm⁻¹ olmuştur. Araştırma havzasını kapsayan 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik eş yükselti haritasından oluşturulan sayısal yükselti modelinden, Moore ve Burch (1986a; 1986b)'a göre LS faktör katmanı elde edilmiştir. Havzada LS değer aralığının 0-16 olduğu alanlar, genel alanın % 90'lık bölümünü oluşturmuştur. Alt havza için hesaplanan ağırlıklı ortalama LS değeri 5.04 olarak belirlenmiştir. Kocadere Havzasında ekimi yapılan kültür bitkileri (buğday, tütün, mısır) ile mera, fundalık ve orman alanları için ortalama C faktör değerleri, havzada yürütülen arazi ölçüm ve gözlemleri ile RUSLE toprak muhafaza planlama rehberine (Renard vd.,

1997) dayalı olarak belirlenmiştir. Buna göre kültür bitkileri için rotasyon olmadan elde edilen ortalama C değeri 0.23, mera, funda ve ormanlık alanlar için ortalama C değerleri sırasıyla; 0.09, 0.012, 0.003 alınmıştır. Alt havzada MUSLE ile sediment veriminin tahmininde kullanılan ağırlıklı ortalama C değeri 0.13 olarak alınmıştır. Havzada ortalama eğimin yaklaşık %16 olduğu 60.2 ha'lık bir alanda teraslama ve fıstık çamı dikimi yapıldığından, P faktör değeri AH No: 537 (Wischmeier ve Smith, 1978)'e göre 0.14 olarak alınmıştır. Havzanın geri kalan % 83.55'lik kısmında toprak korumaya yönelik herhangi bir uygulama olmadığından, P değeri 1.0 olarak alınmıştır (Yılmaz vd., 2015).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Havza yağış ve akımları

Çalışmada süspansediment ölçümlerinin gerçekleştirildiği 2009-2013 periyodunda alt havzada ölçülmüş olan yağış ve akım verileri bu bölümde değerlendirilmiştir. Alt havzada 2009 su yılından 2013 su yılına kadarki 5 yıllık periyot için elde edilen yıllık toplam yağış ve akım değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu değerlere göre, 2009 su yılında yıllık toplam yağış miktarı 937.7 mm olurken, toplam akım değeri 271.5 mm olmuştur. 2010 su yılında kaydedilen yıllık toplam yağış miktarı 922.8 mm olurken, toplam akım değeri 194.0 mm olmuştur. 2011 su yılında 796.0 mm toplam yağışa karşılık, toplam akım 188.6 mm olmuştur. 2012 su yılında toplam yağış miktarı 768.8 mm, akım miktarı 175.7 mm, 2013 su yılında ise yıllık toplam yağış 685.6 mm, yıllık toplam akım ise 129.2 mm olarak kaydedilmiştir. Buna göre araştırma periyodu için ortalama 822.18 mm yağışa karşılık, gözlenen akım 191.8 mm olmuştur.

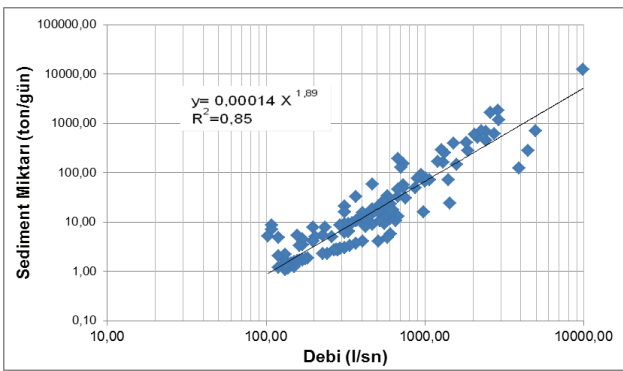
Ölçülen ve tahmin edilen sediment veriminin karşılaştırılması

Alt havzada süspansediment ölçümlerine dayalı elde edilen sonuçlar ile MUSLE eşitliği ile tahmin edilen sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

Ölçülen sediment verimleri

Süspansediment örneklemelerinin yapılabildiği bireysel akım olayı sayısı araştırmanın yürütüldüğü yıllar için (2009-2013) sırasıyla; 14, 21, 9, 3, 16 adet olmuştur. Toplamda 63 adet akıma ait gözlem yapılabilmektedir. Bu gözlemler bireysel akım olayı süresince yada akımın bir kesiti boyunca gerçekleştirilmiştir. Tüm bu akımlar süresince anlık olarak 138 adet sediment örneği alınabilmektedir.

Değerlendirmede 5 yıllık gözlem periyodu boyunca alınan tüm anlık örnekler biraraya getirilip grafiksel ilişki aranmıştır. Örneklerin alındığı andaki debi değerlerine karşılık taşınan süspansediment miktarları arasındaki ilişkiyi veren "sediment anahtar eğrisi"nin grafik ve denklemi Şekil 3'de verilmiştir. Benzer şekilde süspansediment miktarı / debi arasındaki ilişkiyi belirlemede Jahani (1992), farklı kategorilere göre sınıflandırma yaparak yürüttüğü bir çalışmada, en güvenilir sonucun tüm kullanılabilir gözlemlerin birarada analiz edilmesiyle elde edildiğini belirtmiştir.



Şekil 3. Havza sediment anahtar eğrisi
Figure 3. Watershed sediments rating curve

Alt havza için elde edilmiş olan sediment anahtar eğrisi denklemi kullanılarak her bir su yılı için hesaplanan günlük süspansediment miktarlarının toplamından elde edilen yıllık toplam süspansediment miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre 2009, 2010, 2011, 2012 ve 2013 su yılları için hesaplanan süspansediment miktarları sırasıyla; 884.88; 168.00; 1634.30; 111.60; 57.20 ton yıl⁻¹ olmuştur. Süspansediment halde taşınan materyalin % 69.84 kum, diğer yandan yatak yükü materyalinin ise % 90'dan fazla kum içerdiği belirlenmiştir. Süspansediment ve yatak materyalinin her ikisinin bünyesine ve süspansediment konsantrasyonuna dayalı olarak Maddock (1975) sınıflamasına göre süspansedimentin % 35'i yatak yükü olarak alınmıştır. Buna göre 2009-2013 su yılları için hesaplanan yatak yükü miktarları sırasıyla; 309.71; 58.80; 572.01; 39.06; 20.02 ton yıl⁻¹ olmuştur. Elde edilen toplam sediment miktarları ise sırasıyla; 1194.59; 226.80; 2206.31; 150.66; 77.22 ton yıl⁻¹ olmuştur (Çizelge 1).

Bu çalışmada diğer yandan yüksek sediment taşınımına yol açan 3 adet bireysel akım olayı (8-9-10.2.2009; 17-18-19.12.2011; 13-14.6.2011) için taşınan sediment miktarlarında düzeltmeye gidilmiştir. Bunun için doğrudan süspansediment

Çizelge 1. Kökez Deresi alt havzası yağış, akım değerleri ile akarsu sediment verimi

Table 1. Rainfall, flow values and river sediment yield of the Kökez Creek sub-watershed

Yıllar	Yağış (mm)	Akım (mm)	Süspansediment (ton yıl ⁻¹)	Yatak Yükü (ton yıl ⁻¹)	Toplam Sediment (ton yıl ⁻¹)	Yıllık Sediment Verimi (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
2009	937.7	271.5	884.88	309.71	1194.59	3.26
2010	922.8	194.0	168.00	58.80	226.80	0.62
2011	796.0	188.6	1634.30	572.01	2206.31	6.03
2012	768.8	175.7	111.60	39.06	150.66	0.41
2013	685.6	129.2	57.20	20.02	77.22	0.21
			Ortalama		771.11	2.11
			Toplam		3855.57	

Çizelge 2. Yüksek sediment taşınımına yol açan bireysel olaylar ve sediment miktarları

Table 2. Individual events leading to high sediment transport and sediment amounts

Bireysel akım	Akım No	Yüzey Akış Hacmi (m ³)	Ölçülen Sediment (ton)*	Ölçülemeyen akımın YA hacmi / ölçülen akımın YA hacmi	Hesaplanan Sediment (ton)
8-9-10/2/ 2009	1	172953		1 no'lu akım / 3 no'lu akım = 0.48	675,14
17-19/12/2011	2	41256		2 no'lu akım / 3 no'lu akım = 0.12	168,79
13-14/6/2011	3	356760	1406,55		1406.55

*: doğrudan örnelemeye dayalı hesaplanan sediment

örnekleme yapılabilen 13-14 Haziran 2011 tarihli feyezan ve bu olaya ait karakteristik özelliklerden olan yüzey akış hacminden faydalanılmıştır. Yüksek sediment taşınımına yol açan her üç olay için hesaplanan sediment miktarları Çizelge 2'de verilmiştir. Yıllık toplam süspanse sediment miktarları hesaplanırken, her üç bireysel olay için elde edilen sediment miktarları dikkate alınmıştır.

Tahmin edilen sediment verimleri

MUSLE modeli ile alt havzada sediment veriminin tahmini için, erozif özellik gösteren 80 adet akım incelenmiştir. MUSLE eşitliğinde "Eşitlik 1." yer alan yüzey akış enerji faktörünün bileşenleri olan yüzey akış hacmi ve pik debi oranları her bir seçilmiş bireysel akım olayı için hesaplanmıştır. Eşitliğin diğer bileşenleri olan K, LS, C ve P faktör değerlerini RUSLE katmanları oluşturmuştur. K, LS, C ve P faktör katmanlarının alt havza için hesaplanan ağırlıklı

ortalama değerleri sırasıyla; 0.022; 5.04; 0.13; 0.97 olmuştur. Buna göre araştırma periyodu için eşitlikle tahmin edilen sediment verimleri Çizelge 3'te verilmiştir. Aynı zamanda ölçülen ve tahmin edilen toplam sediment miktarlarının, karşılaştırmalı olarak verildiği Çizelge 3 incelendiğinde, araştırma periyodu için ölçülen ve eşitlikle tahmin edilen ortalama sediment miktarları sırasıyla 771.11 ton yıl⁻¹ ile 812.91 ton yıl⁻¹ olmuştur. İstasyonun temsil ettiği havzanın (366.0 ha) birim alanından gelen ortalama yıllık sediment verimi ise yine sırasıyla; 2.11; 2.22 ton ha⁻¹yıl⁻¹ olmuştur. Diğer yandan yıllar itibarıyla sediment verimleri incelendiğinde, yüksek sediment taşınımına yol açan feyezanların kaydedildiği yıllar olan 2009 ve 2011'de, hesaplanan tahmin hatasının (%18, %-44) ve aynı zamanda tahmin edilen/ölçülen sediment oranının (1.2; 0.6), diğer yıllara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Ölçülen ve MUSLE ile tahmin edilen yıllık toplam sediment veriminin karşılaştırılması

Table 3. Comparison of measured and estimated total annual sediment yields

Yıllar	Toplam ölçülen sediment (ton)	Tahmin edilen sediment (ton)	Tahmin hatası (%)	Tahmin edilen / Ölçülen oranı
2009	1194.59	1414.37	18	1.2
2010	226.80	516.97	128	2.3
2011	2206.31	1234.59	-44	0.6
2012	150.66	467.85	211	3.1
2013	77.22	430.76	458	5.6
Ortalama	771.11	812.91		
Toplam	3855.57	4064.53		
Yıllık Sed. Verimi (ton ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	2.11	2.22		

Çizelge 4. MUSLE'nin test edilmesinde kullanılan akımların karakteristik özellikleri

Table 4. Characteristics of flows used in testing of MUSLE

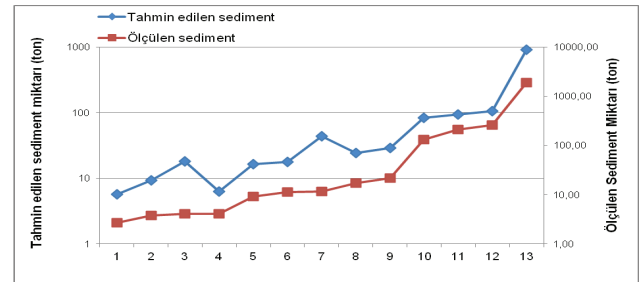
No.	Akım tarihi	Süre (saat)	Yüzey akış hacmi (m ³)	Derinlik (mm)	Pik debi (m ³ s ⁻¹)
1	5-6/1/2009	15	37695.21	10.065	2.18
2	26-27/3/2009	33	21880.8	5.843	0.98
3	3-4-5/1/2010	55	20194.2	5.392	0.50
4	14.2.2010	12	36054	9.627	2.85
5	6.3.2010	8	5004	1.336	0.84
6	7.3.2010	14.5	8272.8	2.209	0.54
7	13-14/6/2011	39	356760.0	95.263	13.38
8	15.4.2012	20	34167.14	9.123	2.00
9	20.1.2013	14	3607.2	0.963	0.37
10	22-23/1/2013	10	4989.6	1.332	0.75
11	25.1.2013	8	7171.2	1.915	1.02
12	23.3.2013	6	1692	0.452	0.33
13	5.4.2013	8	2653.2	0.708	0.26

Çizelge 5. Alt havzada MUSLE'nin uygulanmasının sonuçları**Table 5.** Consequences of the application of MUSLE in the subwatershed

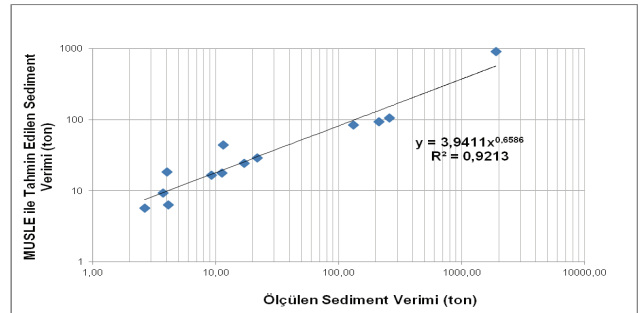
Sıra No.	Akım tarihi	Toplam ölçülen sediment kütlesi (ton)	Tahmin edilen sediment kütlesi (ton)	Toplam ölçülen sediment verimi (ton ha ⁻¹)	Tahmin edilen sediment verimi (ton ha ⁻¹)
1	23.3.2013	2.65	5.70	0.01	0.02
2	20.1.2013	3.77	9.28	0.01	0.03
3	7.3.2010	4.06	18.26	0.01	0.05
4	5.4.2013	4.13	6.34	0.01	0.02
5	22-23/1/2013	9.26	16.53	0.03	0.05
6	6.3.2010	11.27	17.65	0.03	0.05
7	26-27/3/2009	11.61	43.83	0.03	0.12
8	25.1.2013	17.09	24.07	0.05	0.07
9	3-4-5/1/2010	21.74	28.70	0.06	0.08
10	15.4.2012	131.67	84.21	0.36	0.23
11	5-6/1/2009	213.05	93.26	0.58	0.25
12	14.2.2010	259.92	105.70	0.71	0.29
13	13-14/6/2011	1898.84	906.98	5.19	2.48

MUSLE modelinin havza koşullarında uygulanabilirliği, arazi çalışması sırasında süspansediment örneklemelerinin yapılabildiği 13 adet bireysel akım olayı için elde edilen sediment verisi ile test edilmiştir. Söz konusu akımların karakteristik özellikleri Çizelge 4'te özetlenmiştir. 13 akım olayı için ölçülen ve MUSLE ile tahmin edilen sediment verimleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi, bu çalışmayla MUSLE'nin küçük akımlar söz konusu olduğunda, ölçülen değerlere kıyasla yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde Williams ve Berndt (1977) küçük akımlar için sediment verimini tahmin etmede MUSLE'nin tatmin edici sonuç vermediğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda Johnson vd., (1985); Sadeghi (2004); Sadeghi ve Mizuyama (2007) bu sonucu doğrulamışlardır. Diğer yandan bu çalışmada, yüksek sediment taşınımına yol açan bir akım söz konusu olduğunda tahmin edilen ve ölçülen değerlerin birbirine yaklaşmakta olduğu görülmüş (Şekil 4), ancak MUSLE yüksek akımlarda gözlenen değerlere göre daha düşük sediment tahmini yapmıştır. Benzer şekilde Pandey vd., (2009), MUSLE modelinin büyük akımlar için nispeten daha düşük sediment verimi tahmininde bulunduğunu belirtmişlerdir.

Seçilmiş olan her bir bireysel akım olayı için tahmin edilen sediment verimleri ölçülen sediment verimleriyle karşılaştırıldığında, her iki veri seti arasındaki ilişkiyi gösteren belirtme katsayısı (R^2) 0.92



Şekil 4. Ölçülen ve tahmin edilen sediment grafiği
Figure 4. Measured and estimated sediment graph



Şekil 5. Ölçülen ve tahmin edilen sediment veriminin karşılaştırılması

Figure 5. Comparison of measured and estimated sediment yield

olmuştur (Şekil 5). Yapılan bir çalışmada MUSLE ile sediment verimi tahmininde 6 adet akım olayı için modelin geçerliliği test edilmiş ve benzer şekilde yüksek belirtme katsayısı (0.99) elde edilmiştir (Arckhi vd., 2011). Bir diğer araştırmada Pandey vd. (2009), MUSLE ile tahmin edilen sediment

verimlerini gözlemlenen değerlerle karşılaştırmışlar ve elde ettikleri yüksek belirtme katsayısının (0.83) modelin, sediment verimi tahmininde başarılı olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

SONUÇLAR

Sediment verimi tahmininde kullanılan MUSLE modelinin, küçük akımlar söz konusu olduğunda arazi ölçümlerine dayalı elde edilen sediment verimi değerlerine kıyasla daha yüksek tahminde bulunduğu belirlenmiştir. Ancak yüksek sediment taşınımına yol açan bir akım söz konusu olduğunda ise MUSLE tahminlerinin gözlenen değerlere göre göreceli olarak daha düşük olduğu, özellikle feyzan akımlar için sediment verimi tahminininde modelin daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

MUSLE modelinin havza koşullarında uygulanabilirliği, arazide ölçülen sediment verisiyle test edilmiş ve elde edilen belirtme katsayısı değeri (0.92) yüksek bulunmuştur. Bu da uygun kalibrasyonun yapılması halinde modelin benzer koşullarda daha iyi sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Bir sonraki çalışmamız bu kapsamda olacaktır. Bu çalışma ile, havzalarımız için yüksek doğrulukta sediment grafiklerinin oluşturulmasında çok sayıda bireysel olayın izlenmesine yönelik örnek çalışmalara gereksinim olduğu bir kez daha anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Anonim (2015). [http://www.eie.gov.tr/eie-web / kurumsal_istatistikler / çevre_ist / hidroloji / sediment.html](http://www.eie.gov.tr/eie-web/kurumsal_istatistikler/cevre_ist/hidroloji/sediment.html) (Erişim Tarihi: 03.07.2015).

Arckhi S, Shabani A, Rostamizad G (2011). Application of the modified universal soil loss equation (MUSLE) in prediction of sediment yield (Case study: Kengir Watershed, Iran). Arab J. Geosci DOI 10.1007/s12517-010-0271-6.

Baade J, Liese C (2002). Accuracy of sediment yield measurements in small catchments. Erosion and Sediment Transport Measurements: Technological and Methodological Advances. Workshop in Oslo 19-21 June 2002.

Banasik K, Walling DE (1996). Predicting sediment graphs for a small agricultural catchment. Nordic Hyrdol. 27(4), 275-294.

Barnes BS (1940). Discussion of analysis of runoff characteristics. Trans ASCE 105:106.

Hudson NW (1993). Field measurement of soil erosion and runoff. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Jahani I (1992). Calculating the suspended sediment load of the Dez River. Erosion and Sediment transport Monitoring Programmes in River Basins (Proceedings of the Oslo Symposium, IAHS Publ. no.210).

Johnson CW, Gordon ND, Hanson CL (1985). Northwest Rangeland sediment yield analysis by the MUSLE. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 28:1889-1895.

Kinnell PIA, Risse LM (1998). USLE-Mempirical modeling rainfall erosion through runoff sediment concentration. Soil Sci.Soc. Am.J. 62, 1662-1672.

Maddock T (1975). Table 3.2 in Sediment Engineering, V.A. Vanoni(ed.) ASCE, New York.

Moore I, Burch G (1986a). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. Soil Science Society of America Journal 50: 1294-1298.

Moore I, Burch G (1986b). Modeling erosion and deposition: topographic effects. Trans of Asae 29(6): 1624-1630, 1640.

Pandey A, Chowdary VM, Mal BC (2009). Sediment yield modelling of an agricultural watershed using MUSLE, remote sensing and GIS. Paddy Water Environ (2009), 7: 105-113. DOI 10.1007/s10333-009-0149-y.

Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Mccool DK, Yoder DC (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Handbook No. 703. US Department of Agriculture, 404 pp.

Sadeghi SH (2004). application of MUSLE in prediction of sediment yield in Iranian conditions. ISCO2004-13th International soil conservation organization conference-Brisbane, July 2004

Sadeghi SHR, Singh JK, Das G (2004). Efficacy of annual soil erosion models for storm-wise sediment prediction: a case study. Int. Agric.Engng. J.13 (1/2),1-14.

Sadeghi SHR, Mizuyama T (2007). Applicability of the Modified Universal Soil Loss Equation for prediction of sediment yield in Khanmirza watershed, Iran. Hydrological Sciences-Journal-des Sci. Hydrologiques, 52(5).

Sadeghi SHR, Mizuyama T, Ghaderi VB (2007). Comformity of MUSLE estimates and erosion plot data for storm-wise sediment yield estimation. J. Terrest. Atmos. Oceanic Sci. 18(1), 117-128.

Williams JR (1975). Sediment-yield prediction with Universal Soil Loss Equation using runoff energy factor.p.244-252. In: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources. U.S. Dep. Agr. ARS-S 40.

Williams JR, Berndt HD (1977). Sediment yield prediction based on watershed hydrology. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs 20(6), 1100-1104.

Wischmeier WH, Smith DD (1978). Predicting Rainfall erosion Losses - A Guide for Conservatin Planning (Agricultural Handbook 537). Washington, DC: USDA.

Yılmaz G, Şahin Taysun K, Acar CO, Özden N, Aruğaslan L, Bilir L, Taysun A, Uysal H (2015). Kocadere Havzasında RUSLE ile Potansiyel Toprak Erozyonunun Belirlenmesi ve Toprak Korunumunun Planlanması. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü yayını (UTAEM 2015-02), (Proje Sonuç Raporu), İzmir.

Türkiye'nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelindeki Değişim

Mahmut POLAT*

*Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Eskişehir

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

Geliş tarihi (Received) : 13.05.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.692275

Öz

Genel anlamda biyoküteller, yakıt olarak kullanılabilen organik maddeleri içerir ve kuru ağırlıklarıyla ölçülürler. Biyokütle enerjisi ise, bu maddelerin yakılması neticesinde elde edilen enerjidir. Tarımsal biyokütlenin hammaddesi tarımsal kökenli atık veya artıklardır.

Bu çalışmada, Türkiye'de en çok tarımı yapılan buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, pamuk ve şekerpancarı olmak üzere toplam 6 ürünün 2001 ve 2018 yıllarına ait üretim verileri kullanılmıştır. Tarımsal atık kökenli biyokütle potansiyeli ürün ve yıl bazında hesaplanarak 18 yıldaki değişim irdelenmiştir.

Türkiye'nin 2001 ve 2018 yılında tarımsal atık yönünden sahip olduğu biyokütle enerji potansiyeli sırasıyla, 53 493.91 GWh ve 67 984.03 GWh olarak hesaplanmıştır. Bu 18 yıllık zaman zarfındaki değişim ise yaklaşık olarak %27 dir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, biokütle, tarımsal atıklar, ısı değer

The Variation of Agricultural Wastes Biomass Energy Potential of Turkey

Abstract

In general terms, biomass contains organic materials that can be used as fuel and are measured by their dry weight. Biomass energy which is obtained as a result of burning these materials. The raw material of agricultural biomass is agricultural wastes or residues.

In this study, agricultural production data was used for six species crops, including wheat, barley, sunflower, maize, cotton and sugar beet which is common cultivation of Turkey, year of 2001 and 2018. The biomass potential of agricultural residues was calculated on the basis of product and year, and the change for 18 years period was examined.

The agricultural residues biomass energy potential of Turkey has been estimated that approximately 53 493.91 GWh and 67 984.03 GWh, for year of 2001 and 2018 respectively. The change for this 18 years period is approximately 27%.

Keywords: Turkey, biomass, agricultural wastes, heating value

GİRİŞ

Tarımsal kökenli biyoküteller, fosil kökenli yenilenebilir enerji üretimi potansiyeli yönünden yakıtlara alternatif olan, daha temiz bir çevre ve önemli bir seçenektir.

Türkiye de birçok tarımsal ürüne ait atıklar, hasat sonrası tarlalarda ya çürümeye bırakılmakta ya da yakılmaktadır. Atıkların yakılması, toprakta bulunan faydalı mikroorganizma ve hayvanların yok olmasına ve toprağın üst tabakasını yakarak bazı kimyasal ve fiziksel değişimlere de sebebiyet vermektedir. Ayrıca bu atıklar, aynı zamanda tarla ile ilgili yapılacak mekanizasyon çalışmalarına da bazen engel olabilmektedir (Şekil 1-5).



Şekil 1. Buğday-arpa atıkları.



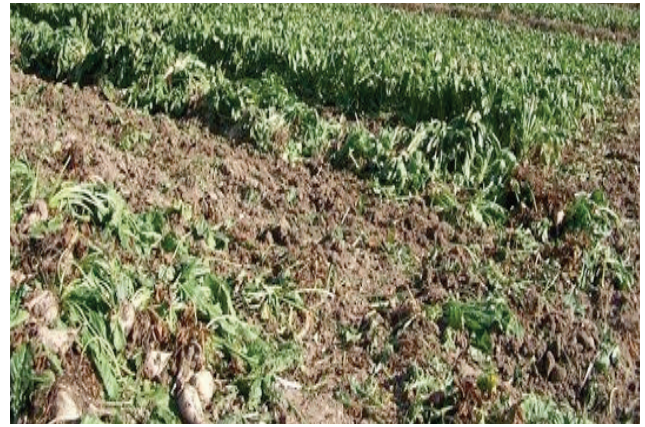
Şekil 2. Mısır atıkları.



Şekil 3. Ayçiçeği atıkları.



Şekil 4. Pamuk atıkları.



Şekil 5. Şekerpancarı atıkları.

Bu noktada, çiftçileri anız yakma alışkanlığından vazgeçirme sebeplerden birisi de tarımsal artıkların (ek gelir kaynağı olarak) ekonomik açıdan geri dönüşümünü sağlamaktır. Bu ise tarımsal artıkların değerlendirilmesi yöntemleri ile ilgili olup; bu yöntemlerden birisi de tarımsal artıkların Termik Santrallerde yakıt olarak kullanılarak enerji elde edilmesidir.

Tarımsal atık kökenli biyokütle enerjisinin temel ilkesi bitkisel atık ve/veya artıkların yakılması neticesinde açığa çıkan ısıdan enerji elde edilmesidir.

Türkiye de 2001 yılında 19 000 000 ton buğday, 7 500 000 ton arpa, 2 200 000 ton mısır, 650 000 ton ayçiçeği, 2 357 892 ton kütlü pamuk ve 12 632 522 tonda şekerpancarı ürün üretilmiştir. Aradan geçen 18 yıl sonra 2018 yılında bu miktarlar; 20 000 000 ton buğday, 7 000 000 ton arpa, 5 700 000 ton mısır 1 949 229 ton ayçiçeği, 2 570 000 ton kütlü pamuk ve 17 436 100 tonda şekerpancarı olarak değişim göstermiştir (TÜİK, 2019).

MATERYAL VE METOT**Materyal**

Bu çalışmada materyal olarak, Türkiye'de en çok tarımı yapılan buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, pamuk ve şekerpancarı olmak üzere toplam 6 ürünün 2001 ve 2018 yıllarına ait üretim verileri kullanılmıştır.

Metot

Tarımsal atık miktarı ile ürün verim arasında dolayısıyla hasat indeksi ile ürün miktarı arasında bir ilişki mevcuttur. Literatürde tarımsal atıkların hesaplanması ile ilgili farklı yöntemler mevcut olmakla birlikte, bu çalışmada hasat indeksine dayanan hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Mardikis, 2004).

Hasat indeksi ile atık miktarı arasındaki bağıntı aşağıda verilen eşitlikte olduğu gibi ifade edilebilir:

$$HI = \frac{M_u}{M_a + M_u} \quad (1)$$

$$M_a = M_u * \left(\frac{1}{HI} - 1 \right) \quad (2)$$

Burada, M_a ; atık miktarı (ton), M_u ; ürün miktarı (ton), HI ; hasat indeksi (-).

Atığın kuru madde miktarı ile sahip olduğu nem miktarı arasında ise;

$$M_k = M_a * (1 - r_n) \quad (3)$$

şeklinde bir ilişki mevcuttur.

Burada; M_k ; atığın kuru madde miktarı (ton), r_n ; nem oranı (%).

Tarımsal ürünlerden elde edilen atıkların tamamının kullanılabilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla her atığa ait kullanılabilirlik yüzdesi veya indeksi çalışmalar neticesinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak kullanılabilir toplam kuru kütle miktarı:

$$M_{kk} = M_k * k_a \quad (4)$$

eşitliği yardımı ile bulunabilir.

Bu eşitlikte; k_a ; atığın kullanılabilirlik yüzdesi (%) dir.

Elde edilecek ısı miktarı ise;

$$H_b = M_{kk} * H_u \quad (5)$$

Bu eşitlikte; H_b ; atığın toplam biyokütle ısı miktarı (MJ), H_u ; atığın alt ısı değeri [MJ.kg⁻¹ (kuru madde)] ifade etmektedir. Elde edilecek toplam enerji miktarı ise;

$$E_b = \frac{H_b}{3600} \quad (6)$$

eşitliği yardımı ile bulunabilir.

Bu eşitlikte; E_b ; biyokütle enerji miktarı (kWh), ifade etmektedir.

Hesaplamalarda hasat indeksleri; buğday için 0.37 (Önder, 2007), (Deniz, 2010), arpa için 0.34 (Deniz, 2010), Mısır için 0.42 (Taner ve ark., 2004), ayçiçeği için 0.35-0.42 (Deniz, 2006), pamuk için ise ortalama olarak 0.30 (Baydar, 2010) ve şekerpancarı için ise 0,90 (Anonymous, 2010) olarak alınmıştır.

Nem oranları; buğday ve arpa için %15, mısır için %47, ayçiçeği için %15, pamuk için %17 ve şekerpancarı için ise %30 olarak alınmıştır (Keneer ve ark., 1993), (Başçetinçelik, 2007).

Kullanılabilirlik yüzdeleri ise; buğday için %14, arpa için %15, ayçiçeği ve mısır için %60, pamuk için %70 ve şekerpancarı için ise %55 olarak alınmıştır (Başçetinçelik, 2007), (Mardikis, 2004).

Tarımsal atıklara ait en yüksek biyokütle ısı enerji değerleri kuru madde olmak üzere; buğday için 17.9 MJ.kg⁻¹, arpa için 17.5 MJ.kg⁻¹, mısır için 18.4 MJ.kg⁻¹, ayçiçeği için 14.2 MJ.kg⁻¹, pamuk için 18.2 MJ.kg⁻¹ ve şekerpancarı için 14.6 MJ.kg⁻¹ olarak alınmıştır (Keener ve ark., 1993), (Matsumura, 2004), (Mardikis, 2004).

BULGULAR VE TARTIŞMA**2001 yılı'na ait biyokütle enerji potansiyelinin hesaplanması**

Türkiye'de 2001 yılında; 19 000 000 ton buğday, 7 500 000 ton arpa, 2 200 000 ton mısır, 650 000 ton ayçiçeği, 2 357 892 ton kütlü pamuk ve 12 632 522 tonda şekerpancarı üretilmiştir (TÜİK, 2019).

Bu veriler ışığında, (2) nolu eşitlik yardımı ile 2001 yılına ait atık miktarları sırasıyla: buğday; 32 351 351.35 ton, arpa; 14 558 823.53 ton, mısır; 3 038 095.24 ton, ayçiçeği; 975 000 ton, pamuk (kütlü); 5 501 748 ton ve şekerpancarı için; 1 403 613.6 ton olarak hesaplanmıştır.

Kullanılabilir kuru madde miktarları (3 ve 4) nolu eşitlikler yardımı ile buğday 3 849 810.8 ton, arpa 1 856 250 ton, mısır 966 114.3 ton, ayçiçeği 497 250 ton, pamuk(kütlü) 3 196 515.6 ton ve şekerpancarı 540 391.2 ton olarak belirlenmiştir.

Toplam enerji miktarları ise (5 ve 6) nolu eşitlikler yardımı ile; buğday; 19 169.8 GWh, arpa; 9 036.5 GWh, mısır; 4 945.1 GWh, ayçiçeği; 1 964.21 GWh, pamuk(kütlü); 16 183.54 GWh şekerpancarı için 2 194.76 GWh olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen toplam 53 493.91 GWh enerjinin petrol karşılığı ise 4 611 544 TEP dir.

2018 yılı'na ait biyokütle enerji potansiyelinin hesaplanması

Türkiye'de 2018 yılında; 20 000 000 ton buğday, 7 000 000 ton arpa, 5 700 000 ton mısır 1 949 229 ton ayçiçeği, 2 570 000 ton kütlü pamuk ve 17 436 100 tonda şekerpancarı üretilmiştir (TÜİK, 2019).

Bu veriler ışığında, (2) nolu eşitlik yardımı ile 2018 yılına ait atık miktarları sırasıyla: buğday; 34 054 054.05 ton, arpa; 13 588 235.3 ton, mısır; 7 871 428.57 ton, ayçiçeği; 2 923 843.5 ton, pamuk (kütlü); 5996666.7 ton ve şekerpancarı için; 1 937 344.4 ton olarak hesaplanmıştır.

Kullanılabilir kuru madde miktarları (3 ve 4) nolu eşitlikler yardımı ile; buğday; 4 052 432.432 ton, arpa; 1 732 500 ton, mısır; 2 503 114.3 ton, ayçiçeği; 1 491 160.2 ton, pamuk(kütlü); 3 484 063.3 ve şekerpancarı; 745 877.6 ton olarak belirlenmiştir.

Toplam enerji miktarları ise (5 ve 6) nolu eşitlik yardımı ile; buğday; 20 178.74 GWh, arpa; 8 434.1 GWh, mısır; 12 812.2 GWh, ayçiçeği; 5 890.31 GWh, pamuk(kütlü); 17639.35 GWh, şekerpancarı için 3 029.33 GWh olarak hesaplanmıştır. Elde edilen toplam 67 984.03 GWh enerjinin petrol karşılığı ise 5 860 692.3 TEP dir. Hesaplanan değerler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1'den, Türkiye'nin 2001 yılı buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, pamuk ve şekerpancarı olmak üzere 6 ürüne ait tarımsal atık yönünden sahip olduğu biyokütle enerji potansiyeli 53 493.91 GWh olup bu enerjinin petrol karşılığı ise 4 611 544 TEP dir.

Türkiye'nin 2001 yılı toplam enerji üretimi miktarı 122 725 GWh olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Dolayısıyla söz konusu 6 ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı 2001 yılı için yaklaşık %44 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Türkiye'de tarımsal kökenli atıkların sahip olduğu tahmini biyokütle enerji potansiyeli (2001)

Table 1. The estimated biomass energy potential of agricultural wastes of Turkey (2001)

Atık Çeşidi	Mü (ton)	Hİ (-)	Ma (ton)	k (%)	rn (%)	Mkk (ton)	Hu (MJ.kg ⁻¹)	Eb (GWh)
Buğday	19000000	0.37	32351351.4	14	15	3849810.8	17.9	19169.8
Arpa	7500000	0.34	14558823.6	15	15	1856250	17.5	9036.5
Mısır	2200000	0.42	3038095.3	60	47	966114.3	18.4	4945.1
Ayçiçeği	650000	0.37	975 000	60	15	497250	14.2	1964.21
Pamuk (kütlü)	2357892	0.30	5501748	70	17	3196515.6	18.2	16183.54
Şekerpancarı	12632522	0.90	1403613.6	50	30	540391.2	14.6	2194.76
Toplam								53493.91

*1 TEP=10.000.000 kCal=11,6 MWh

Çizelge 2. Türkiye'de tarımsal kökenli atıkların sahip olduğu tahmini biyokütle enerji potansiyeli (2018)

Table 2. The estimated biomass energy potential of agricultural wastes of Turkey (2018)

Atık Çeşidi	Mü (ton)	Hİ (-)	Ma (ton)	k (%)	rn (%)	Mkk (ton)	Hu (MJ.kg ⁻¹)	Eb (GWh)
Buğday	20000000	0.37	34054054	14	15	4052432.4	17.9	20178.74
Arpa	7000000	0.34	13588235.3	15	15	1732500	17.5	8434.1
Mısır	5700000	0.42	7871428.57	60	47	2503114.3	18.4	12812.2
Ayçiçeği	1949229	0.37	2923843.5	60	15	1491160.2	14.2	5890.31
Pamuk (kütlü)	2570000	0.30	5996666.7	70	17	3484063.3	18.2	17639.35
Şekerpancarı	17436100	0.90	1937344.4	50	30	745877.6	14.6	3029.33
Toplam								67984.03

*1 TEP=10.000.000 kCal=11,6 MWh

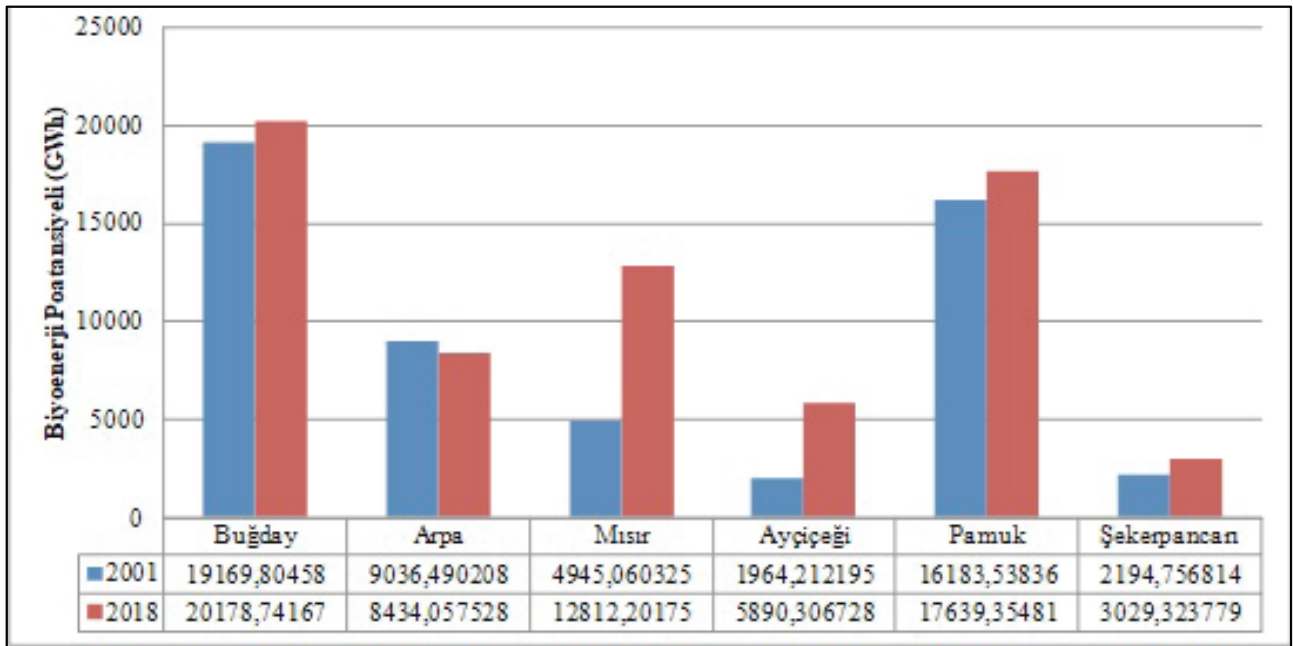
Çizelge 2'den, Türkiye'nin 2018 yılı buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, pamuk ve şekerpancarı olmak üzere 6 ürüne ait tarımsal atık yönünden sahip olduğu biyokütle enerji potansiyeli 67 984.03 GWh olup bu enerjinin petrol karşılığı ise 5 860 692,3 TEP dir.

Türkiye'nin 2018 yılı toplam enerji üretimi miktarı 303 000 GWh olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Dolayısıyla söz konusu 6 ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı 2018 yılı için yaklaşık %22 olarak hesaplanmıştır.

Tarımsal atık biyokütle enerji potansiyelindeki artış oranına bakıldığında 2018 yılında (2001 yılına

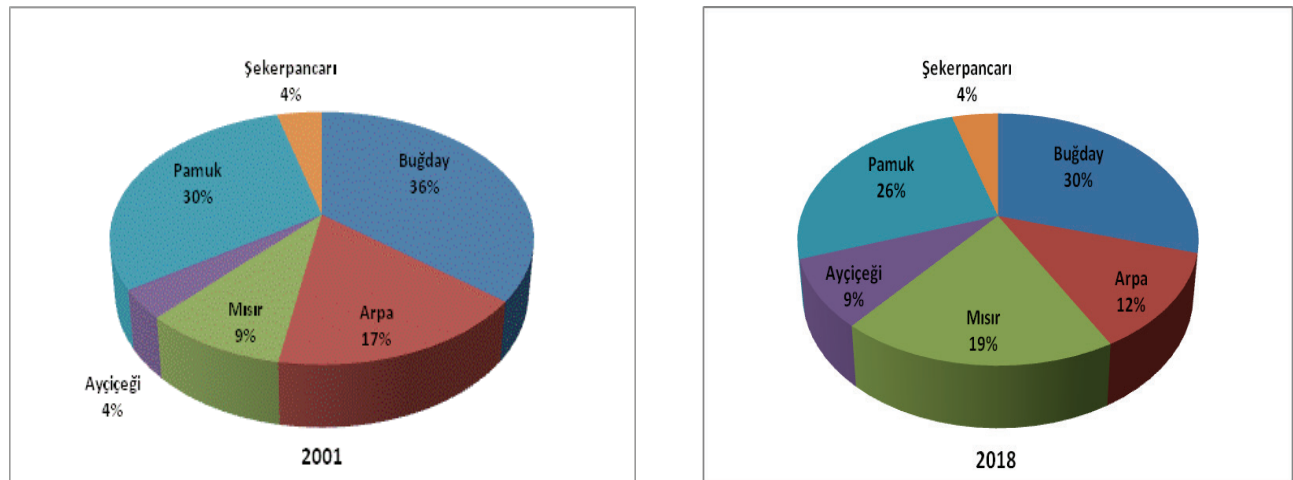
nazaran) %27'lik bir artış olmasına rağmen; 2001 yılında biyokütle enerjisinin o yıl üretilen toplam enerji miktarına oranı %44 iken bu oran 2018 yılında %22 ye düştüğü görülmektedir.

Ürün bazında 2001 ve 2018 yılı biyoenerji potansiyeli yönünden karşılaştırma yapıldığında en büyük potansiyelin buğday ve pamukta olduğu; 2018 yılında arpa dışında tüm ürünlerde belirgin bir artış olduğu ve bu toplam artış oranının %27 olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Ürün bazında biyokütle enerji potansiyeli dağılımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4).



Çizelge 3. Türkiye'nin 2001 ve 2018 yıllarında sahip olduğu tarımsal atık biyokütle enerji potansiyeli.

Table 3. Agricultural waste biomass energy potential in Turkey in 2001 and 2018



Çizelge 4. Türkiye'nin 2001 ve 2018 yıllarında tarımsal atık biyokütle enerji potansiyelinin ürün bazında dağılımı

Table 4. Distribution of energy potential based on agricultural waste biomass energy potential in Turkey in 2001 and 2018

Çizelge 4' ten Türkiye'de 2001 yılında, biyokütle enerjisi yönünden hububat atıklarının, toplam yüzdenin yaklaşık olarak %53'nü teşkil ederken; 2018 yılında bu oranın %42'ye düştüğü görülmektedir. En büyük artış mısırdan olurken şekerpancarı yüzdesi sabit kalmıştır.

SONUÇLAR

Türkiye'de yaygın olarak tarımı yapılan; buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, pamuk ve şekerpancarı olmak üzere 6 ürün ile ilgili olmak üzere:

- 2001 yılındaki tarımsal atık biyokütle enerji potansiyeli; 53 493.91 GWh olup bu enerjinin petrol karşılığı ise 4 611 544 TEP dir.
- Türkiye'nin 2001 yılı toplam enerji üretimi miktarı 122 725 GWh olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Dolayısıyla söz konusu 6 ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı yaklaşık %44 olarak hesaplanmıştır.
- 2018 yılındaki tarımsal atık biyokütle enerji potansiyeli; 67 984.03 GWh olup bu enerjinin petrol karşılığı ise 5 860 692.3 TEP dir.
- Türkiye'nin 2018 yılı toplam enerji üretimi miktarı 303 000 GWh olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Dolayısıyla söz konusu 6 ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı 2018 yılı için yaklaşık %22 olarak hesaplanmıştır.
- Biyokütle enerji potansiyelindeki artış oranına bakıldığında 2018 yılında (2001 yılına nazaran) %27'lik bir artış olmasına rağmen; 2001 yılında biyokütle enerjisinin o yıl üretilen toplam enerji miktarına oranı %44 iken bu oran 2018 yılında %22 ye düştüğü görülmektedir. Bu da nüfustaki artış ve sanayi sektörünün gelişmesiyle izah edilebilir.
- Ürün bazında 2001 ve 2018 yılları arasında enerji potansiyeli yönünden karşılaştırma yapıldığında; en büyük potansiyelin buğday ve pamukta olduğu görülmektedir. 2018 yılında arpa dışında tüm ürünlerde belirgin bir artış olduğu ve bu toplam artış oranının da %27 gerçekleştiği belirlenmiştir.
- Biyokütle enerji potansiyeli yönünden 2001 yılında hububat atıkları, toplam yüzdenin yaklaşık olarak %53'nü teşkil ederken; 2018 yılında bu oranın %42'ye düştüğü görülmektedir. En büyük artış mısırdan olurken şekerpancarı yüzdesi sabit kalmıştır.

▪ Türkiye, tarımsal kökenli atık yönünden büyük bir potansiyele sahip olduğundan, bu potansiyelin bitki besleme maddesi ve enerji olarak değerlendirilmesi mümkündür.

▪ Tarımsal atık toplama ve kompost maddesi hazırlama mekanizasyonu ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Başçetinçelik A, Karaca C, Öztürk HH, M Kacıra, K Ekinci (2007). Türkiye'de tarımsal biokütleden enerji üretimi olanakları. IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. Bildiriler Kitabı, s.101-109, Kayseri.

Deniz İ, Tutuş A, Ateş S, Okan OT (2010). The harvest index and soda-oxygen-ıq pulping of wheat straw. 3th National Black Sea Forestry Congress. Proceedings, pp. 2050-2060, Trabzon, Turkey.

Önder O (2007). A research on tillering dynamics of some bread wheat varieties grown in Central Anatolian dry conditions. Osman Gazi University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Field Crops. Master Thesis, Eskisehir, Turkey.

Keener HM, Marugg C, Hansen RC, Hoitnik HAJ (1993). Optimizing the efficiency of the composting process. Science And Engineering of Composting Design (pp. pp. 59-94). Columbus, Ohio: Renaissance Publications.

Kolsarıcı Ö (2004). The effects of irrigation applied at different growing periods on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Ankara University Scientific Research Project Report, Ankara, Turkey.

Mardikis M, ve ark. (2004). Agricultural biomass in Greece: Current and future trends. biomass and agriculture, OECD report, pp. 363-376.

Matsumura Y (2004). The possibility of agricultural biomass utilisation in Japan. Biomass and Agriculture, OECD report, pp. 129-3137.

Taner F, ve ark. (2004). Biomass use and potential in Turkey. Biomass and Agriculture. OECD report, pp. 439-453.

TÜİK (2019). www.tuik.gov.tr.

Uzun Süreli Farklı Dozlarda Fosfor Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Fosfor Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

Mehmet IŞIK^{1,*} Feyzullah ÖZTÜRK¹ Şeyma KARADERE¹ İbrahim ORTAŞ¹

*Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): isikm@cu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 24.02.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.693254

Öz

Mısır (*Zea Mays L.*) bitkisi dünyada en çok üretilen tahıllardan birisidir. Mısır üretiminde en çok kullanılan gübrelerden biri olan fosfor (P) önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde tükeneyeceği varsayılmakta ve bu da bitkisel üretimi kısıtlayacaktır. Bu sebeple çalışmanın amacı; artan dozlarda P uygulamasının bitkinin P alımı ve P kullanım etkinliğini belirlemektir. Deneme 1998 yılında Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde Arık toprak serisi üzerinde kurulmuş olup halen devam etmektedir. Söz konusu çakılı deneme düzenli olarak her ekim dönemi öncesi kontrol (0 kg da⁻¹ P₂O₅), P5 (5 kg da⁻¹ P₂O₅), P10 (10 kg da⁻¹ P₂O₅) ve P20 (20 kg da⁻¹ P₂O₅) olacak şekilde uygulanmış olup, bitkinin ihtiyaç duyduğu temel azot ve potasyum gübre gereksinimleri toprak analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Deneme P2088 mısır çeşidi kullanılarak Mayıs 2017'de kurulmuş ve Eylül 2017'de de hasat edilmiştir. Hasat zamanı bitki farklı aksamaları (kök, kök üstü aksam ve dane) kuru ağırlık verimleri alınmıştır. Kuru yakma metodu kullanılarak ICP-OES aleti ile bitki farklı aksamaları P konsantrasyonları analiz edilmiştir. Elde edilen veriler ile Agronomik Etkinlik (AE), Fizyolojik Etkinlik (FE), Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE) ve Gübre Kullanım Etkinliği (KE) hesaplanmıştır.

Araştırma bulgularına göre; artan dozlarda P uygulamalarının farklı bitki aksamaları kuru madde verimini ve P konsantrasyonunu arttırmaktadır. Ancak artan dozlarda P uygulamalarının AE, FE, GKE ve KE hesaplamalarına etkisine bakıldığında P10 uygulamasının istatistiksel olarak en iyi uygulama olduğu görülmektedir. Sonuç olarak araştırma bulguları P10 yani 10 kg da⁻¹ P₂O₅ dozu uygulamasının Mısır bitkisinin gübrelemesinde optimum doz olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Agronomik etkinlik, çakılı deneme, fosfor kullanım etkinliği, mısır

Under Long Term Field Condition to Evaluate the Effects of Different Phosphorus Doses on Agronomic Efficiency of Maize Plant

Abstract

Maize (*Zea Mays L.*) plant is one of the most produced cereals around the world. Phosphorus (P), which is one of the most used fertilizers in maize production. P is not a renewable resource and in next 50-100 years, it may be finish. Moreover, less P fertilization may limit crop yield and production capacity. The purpose of study is to investigate the effects of different P doses on P uptake and its usage efficiency upon maize plant under long term P fertilizer field experiment. Long-term field experiment was established in 1998, since then regularly each year control (without fertilization), 5, 10 and 20 kg P₂O₅ da⁻¹ P (as triple superphosphate) doses are applied as a basic fertilizers. P2088 maize genotype

Mehmet IŞIK: 0000-0003-2619-3317

Feyzullah ÖZTÜRK: 0000-0002-2468-9098

Şeyma KARADERE: 0000-0001-7869-8320

İbrahim ORTAŞ: 0000-0003-4496-3960

was used as plant material. Maize seeds were sown in June 2017 and were harvested in October 2017. After harvest, yield, shoot and root dry weight were determined. P concentrations of each parts were determined by ICP-OES. Agronomic Efficiency (AE), Physiological Efficiency (PE), Agrophysiological Efficiency (APE), Apparent Recovery Efficiency (ARE) and Utilization Efficiency (EU) were calculated. According to the research findings; increasing doses of P applications increase different plant parts dry matter yield and P concentration. However, it is seen that P10 application is statistically the best application on AE, FE, GKE and KE calculations. It was determined that under field condition application of P10 kg da⁻¹ P₂O₅ dose was the optimum dose for maize production.

Keywords: Agronomic efficiency, long term field experiments, phosphorus utilization efficiency, maize

GİRİŞ

Mısır (*Zea mays L.*) dünyada ve ülkemizde en çok üretilen bitkilerden biridir. Mısır karbonhidrat, protein, yağ, vitamin (A, E ve C vitaminleri) ve mineral içeriği ile insan sağlığı açısından önemli bir bitkisel üründür (Orhun, 2013). Mısır üretiminde en çok tüketilen gübrelerden biri de fosfor gübresidir.

Fosfor (P) yaşayan canlılar (bitkiler ve hayvanlar) için gerekli bir besin elementtir. Dünyada ekilebilir alanların %40'ında bitkisel üretimi sınırlandıran faktör fosfor noksanlığıdır (Balemi ve Negisho, 2012). Fosfor bitkilerde fotosentez, enerji, fosfolipit ve nükleik asit gibi pek çok metabolizmada görev almaktadır (Vance vd., 2003). Bitkiler fosforu suda çözünebilir fosfat iyonları olarak (özellikle H₂PO₄⁻ formunda) kökleri yardımı ile almaktadırlar (Roberts ve Johnston, 2015). Suda çözünmeyen fosfor formlarından bitkiler yararlanamaz (Rathinasabapathi vd., 2018). Yetersiz P gübrelemesinde bitkisel üretim gerçekleşmeyeceği gibi aşırı P gübrelemesi durumunda ise ötrofikasyona neden olmaktadır (Frossard vd., 2016).

Yüksek CaCO₃ ve pH içeriğine sahip topraklar Ca-P gibi bileşikler oluşturarak P'un alınımı olumsuz etkilediği gibi (Marschner ve Rengel, 2007; Ortaş ve Akpınar, 2011) düşük pH ya sahip topraklarda ise Fe-P gibi bileşikler oluşturarak P'un alınımı olumsuz etkilenir (Yli-Halla, 2016). Dolayısıyla ülke ve bölge topraklarımızın çoğu yüksek CaCO₃ ve pH içeriğine sahip olduğu için P tarım alanlarına çok uygulansa da ancak küçük bir kısmından bitki yararlanabilmektedir. Yenilenebilir bir kaynak olmayan P'un rezervi apatit kayasıdır. Apatit kayası önümüzdeki 50-100 yıl içerisinde tükeneyeceği varsayılmaktadır (Schnug ve Haneklaus, 2016).

Apatit kayasının tükenebilir bir kaynak olması P kullanım etkinliğinin önemini her geçen gün arttırmaktadır (Veneklaas vd., 2012). P

kullanım etkinliği optimum koşullarda %25'e kadar arttırılabilir (Shenoy ve Kalagudi, 2005). P kullanım etkinliği pek çok yolla tanımlanmaktadır (Fageria, 1992). Ancak en yaygın tanımlama ise; biyokütle veya verim miktarına karşılık kaldırılan besin elementi miktarıdır (Veneklaas vd., 2012). Kullanım etkinlikleri hesaplamalarında genel olarak en büyük hedef minimum gübre uygulamasına maksimum verim elde edilmesidir. P kullanım etkinliği yeni bir konu değildir. Ancak henüz tam olarak anlaşılmalı bir konu olmamakla birlikte mısırdaki kullanım etkinliği hesaplamaları ile ilgili çalışmalarda sınırlıdır.

Bu sebeple ülkemiz ve bölgemizde en çok üretilen bitkisel ürünlerden biri olan mısırın fosfor kullanım etkinliğini hesaplamak ve en uygun P dozunu uzun süreli deneme koşullarında belirlemek büyük öneme sahiptir. Bu sebeple çalışmanın amacı; artan dozlarda P uygulamasının bitkinin P alımı ve P kullanım etkinliğini belirlemektir. Çalışmada test edilecek hipotez ise; artan dozlarda P uygulaması fosforlu gübre kullanım etkinliğini artırır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme 1998 yılında Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde Arık (Vertisol Ordosundan, Haploxerert büyük grubu ve Typic Haploxerert alt grubunda yer alan) serisi toprak (USA, 1975) üzerinde kurulmuş olup halen devam etmektedir. Arık toprak serisi %0-1 eğime sahip oldukça derin profilli yaşlı alüvyal taban arazilerde yer alan A-C horizonlarından oluşmaktadır. Profil rengi koyu kahverengi ve kahverengidir. Tüm profil kireçli ve killi olup kireç yıkanması çok az görülmektedir (Güleç ve Şenol, 2002). Arık serisi toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Söz konusu çakılı deneme düzenli olarak her ekim dönemi öncesi kontrol (0 kg.da⁻¹ P₂O₅), P5 (5 kg.da⁻¹ P₂O₅), P10 (10 kg.da⁻¹

Çizelge 1. Arık serisi toprakları bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Cenkseven vd., 2019)

Table 1. Some physical and chemical properties of Arık series soils (Cenkseven et al., 2019)

pH (1:2.5)	Toplam N (%)	C Org. (%)	P (mg kg ⁻¹)	Tekstür dağılımı (%)			Tekstür sınıfı
				Kum	Silt	Kil	
8.09	0.12	1.4	11.43	19.6	30.8	49.6	C

P₂O₅) ve P20 (20 kg.da⁻¹ P₂O₅) olacak şekilde uygulanmış olup, bitkinin ihtiyaç duyduğu temel azot ve potasyum gübre gereksinimleri toprak analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir. Deneme P2088 çeşidi mısır kullanılarak Mayıs 2017'de kurulmuş ve Eylül 2017'de de hasat edilmiştir.

Hasat zamanı bitki farklı aksamaları (kök, kök üstü aksam ve dane) kuru ağırlık verimleri alınmıştır. Ayrıca kuru yakma metodu kullanılarak ICP-OES aleti ile bitki farklı aksamaları P konsantrasyonları analiz edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Elde edilen veriler ile Fageria ve Filho (2007) ya göre Agronomik Etkinlik (AE), Fizyolojik Etkinlik (FE), Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE) ve Gübre Kullanım Etkinliği (KE) hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Araştırma bulgularına JMP 8 istatistik programı kullanılarak ANOVA analizi ve LSD testi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı bitki aksamaları kuru madde verimi

Artan dozlarda P uygulamalarının mısır aksamaları (kök, kök üstü ve dane) kuru madde verimi incelendiğinde (Çizelge 3) istatistiksel olarak dikkate değer bir fark vardır. Tüm aksamalarda, istatistiksel olarak P20 uygulaması kontrol uygulamasına göre en iyi uygulama olurken onu sırası ile P10 ve P5 uygulamaları izlemektedir. Artan dozlarda P uygulaması bitki gelişimini arttırdığına dair pek çok çalışma yapılmıştır.

Çizelge 2. P kullanım etkinliklerinin formülleri (Fageria ve Filho, 2007)

Table 2. Formula of P use efficiency (Fageria and Filho, 2007)

Besin Elementi Etkinliği	Formüller ve Tanımları
Agronomik Etkinlik (AE)	Agronomik etkinlik element alımına karşılık ekonomik üretim olarak tanımlanır. Hesaplanmasında AE (kg dane kg ⁻¹ P)= GF-GU/NA formülü kullanılır ve GF gübre uygulanmış parsellerin dane verimi (kg), GU gübre uygulanmamış parsellerin dane verimi ve NA uygulanan P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Fizyolojik Etkinlik (FE)	Fizyolojik etkinlik alınan elemente karşılık biyolojik verim olarak tanımlanır. Hesaplanmasında FE (kg biyokütle kg ⁻¹ P)= BYF-BYU/NF-NU formülü kullanılır BYF gübre uygulanan parsellerin biyolojik (tane ve anız ağırlığı) verimliliği (kg), BYU gübre uygulanan parsellerin biyolojik verimliliği (kg), NF gübre uygulanan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NU ise gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Agro-Fizyolojik Etkinlik (AFE)	Agro-fizyolojik etkinlik element alımına karşılık ekonomik üretim olarak tanımlanmaktadır. Hesaplanmasında AFE (kg dane kg ⁻¹ P) = GF-GU/NUF-NUU formülü kullanılır ve GF gübre uygulanan parsellerde tane verimi, GU gübre uygulanmayan parsellerde tane verimi (kg), NUF gübre uygulanan parsellerdeki bitkinin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NUU gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkinin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) olarak tanımlanır.
Geri Kazanım Etkinliği (GKE)	Geri kazanım etkinliği uygulanan gübreye karşılık kaldırılan besin elementi miktarı olarak tanımlanır. Hesaplanması ARE (%)= (NF-NU/NA)* 100, NF gübre uygulanan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg), NU gübre uygulanmayan parsellerdeki bitkilerin (tane ve anız) kaldırdığı P miktarı (kg) ve NA parsellere uygulanan P gübrelemesi (kg) olarak tanımlanır.
Gübre Kullanım Etkinliği (KE)	Gübre Kullanım Etkinliği ürün fizyolojik kazanım etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Hesaplanması EU (kg kg ⁻¹)= FE*GKE şeklindedir.

Aydın vd. (2005)'nin yapmış olduğu çalışmada artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak bitki kuru madde veriminde arttığı görülmektedir. Ayub vd. (2002) yapmış olduğu çalışmada mısır bitkisine artan dozlarda N ve P uygulamaları gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmanın araştırma bulguları genel olarak artan dozlarda NP uygulamasına bağlı olarak bitki veriminde arttığını göstermekte olup çalışmamızı destekler niteliktedir.

Farklı bitki aksamalarının P içerikleri ve kaldırılan P miktarları

Artan dozlarda P uygulamalarının farklı bitki aksamaları P içeriğine etkisi incelendiğinde (Çizelge 4) kök üstü aksam hariç istatistiksel olarak uygulamalar arasında önemli fark olmadığı görülmektedir. Kök üstü aksam olarak ise en iyi uygulamalar P20 ve P10 uygulamalarıdır. Ayrıca artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak farklı

bitki aksamalarının ortalama P içerikleri genel olarak arttığı görülmektedir.

Artan besin elementi uygulamasına bağlı olarak bitki dokularında besin elementi birikimi beklenen bir durumdur. Sanginga (1992) nın yapmış olduğu çalışma araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Bitki kuru madde verimi ve dokulardaki P konsantrasyonuna bağlı olarak bitki dokuları kaldırdığı P miktarda artması beklenmektedir. Artan dozlarda P uygulamasının bitki aksamalarınca kaldırılan P miktarına etkisine bakıldığında istatistiksel olarak önemli farklar vardır (Çizelge 5). Kök üstü aksam, kök, dane ve toplam biyomas kaldırılan P miktarı incelendiğinde P20 uygulaması istatistiksel olarak en iyi uygulamadır. Mohammad vd. (1998) yapmış olduğu çalışmada artan dozlarda P uygulaması bağlı olarak bitkinin kaldırdığı P miktarda artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 3. Artan dozlarda P uygulamalarının kök, kök üstü aksam, dane ve toplam biyomas kuru madde verimlerine etkisi

Table 3. The effect of increasing doses P applications on root, shoot, grain and total biomass dry matter yields

Uygulamalar	Kök Kuru Ağırlığı	Kök Üstü Kuru Ağırlığı	Dane Kuru Ağırlığı	Toplam Biyomas Kuru Ağırlığı
	(kg da ⁻¹)			
P0	158 ±20c	621 ±42c	635 ±56b	1414 ±35c
P5	186 ±22bc	666 ±97bc	765 ±100b	1617 ±28c
P10	207 ±19ab	782 ±61ab	952 ±88a	1941 ±102b
P20	229 ±5a	893 ±108a	1090 ±95a	2211 ±209a
	p<0.05	p<0.01	p<0.01	p<0.01

Çizelge 4. Farklı bitki aksamaları (%) P konsantrasyonları

Table 4. Different plant parts (%) P concentrations

Uygulamalar	Kök	Kök Üstü	Dane
	P (%)		
P0	0.03 ±0.01	0.04 ±0.01b	0.22 ±0.02
P5	0.04 ±0.01	0.04 ±0.01ab	0.24 ±0.01
P10	0.04 ±0.01	0.07 ±0.02a	0.21 ±0.04
P20	0.05 ±0.01	0.07 ±0.02a	0.22 ±0.02
	p>0.05	p< 0.05	p>0.05

Çizelge 5. Farklı bitki aksamaları tarafından kaldırılan P miktarları

Table 5. P uptake of different plant parts

Uygulamalar	Kök	Kök Üstü	Dane	Toplam Biyomas
	(P kg da ⁻¹)			
P0	0.05 ±0.02	0.27 ±0.11b	1.4 ±0.1b	1.7 ±0.1c
P5	0.06 ±0.01	0.24 ±0.30b	1.9 ±0.2ab	2.2 ±0.2bc
P10	0.09 ±0.03	0.57 ±0.23a	2.0 ±0.5ab	2.7 ±0.3ab
P20	0.11 ±0.03	0.67 ±0.26a	2.4 ±0.3a	3.2 ±0.6a
	p>0.05	p<0.01	p<0.05	p<0.01

Farklı dozlarda P uygulamalarının P kullanım etkinlikleri üzerine etkisi

Fosfor kullanım etkinlikleri hesaplandığında (AE, FE, KE ve GKE) farklı dozlarda P uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklar vardır (Çizelge 6). AE hesaplaması incelendiğinde (Çizelge 6) bir kg P gübrelemesine 34 kg verim ile P10 uygulaması en iyi uygulamadır. P20 uygulamasında ise AE'nin düştüğü görülmektedir. Benzer şekilde García ve Salvagiotti (2010) yapmış olduğu çalışmada soya fasülyesine artan dozlarda P (0, 10, 20 ve 40 kg ha⁻¹) uygulamış olup AE hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmada AE bir noktaya kadar (10 kg ha⁻¹) artarken sonrasında azalışa geçmiştir.

FE ve GKE hesaplamaları incelendiğinde ise istatistiksel olarak uygulamalar arasında önemli farkların olduğu görülürken AFE hesaplamasında istatistiksel olarak bir fark yoktur. İstatistiksel olarak P5 ve P20 dozlarına kıyasla en iyi FE ve GKE P10 dozudur. Ortalama AFE hesaplaması olarak ise P5 ve P20 uygulamalarına kıyasla en iyi uygulama P10 uygulamasıdır. Araştırma bulgularımızın aksine Hussein (2009) mısır da gerçekleştirmiş olduğu denemede tek üretim sezonu boyunca farklı dozlarda (0, 30, 60 ve 90 kg P ha⁻¹) P uygulanmış olup artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak GKE etkinliği azalma eğilimi göstermiştir.

FE kaldırılan P miktarına bağlı olarak elde edilen biyolojik verimdir (Snyder, 2009). FE olarak P10 (744 kg kg⁻¹) uygulaması P5 ve P20 uygulamasına göre en iyi uygulamadır. Düşük FE düşük verime neden olmaktadır (Dobermann, 2007). AFE, KE ve GKE hesaplamalarında yine benzer şekilde P10 uygulaması P5 ve P20 uygulamasına göre en iyi uygulamadır (Çizelge 6). Uzun yıllar uygulanan P gübreleme koşulları altında dekara 20 kg P₂O₅ uygulamasının bitki gelişimi en yüksek gübre dönüşüm etkisine sahip olduğu görülmektedir. Araştırma bulgularımıza benzer şekilde Fageria ve

Filho (2007) de yaptıkları çalışmada farklı dozlarda P uygulaması altında pirinç P kullanım etkinliklerinin (AFE, GKE ve KE) bir noktaya kadar artarken sonrasında düşüş gösterdiğini belirlemişlerdir.

SONUÇLAR

Sonuç olarak, araştırma bulgularımız gösteriyor ki topraklara artan dozlarda P uygulaması mısır bitkisinin büyümesini arttırmıştır. Aynı zamanda Agronomik Etkinlik, Fizyolojik Etkinlik, Agro-Fizyolojik Etkinlik, Geri Kazanım Etkinliği ve Gübre Kullanım Etkinliği hesaplanmış ve Çukurova bölgesi koşullarında mısır yetiştiriciliği için en iyi P dozu uygulaması 10 kg P₂O₅ da⁻¹ olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aydın A, Kant C, Ataoğlu N (2005). Erzurum ve Rize yöresi toprak örneklerine uygulanan farklı dozlardaki bor ve fosforun mısır (*Zea mays*)'ın kuru madde miktarı ve mineral içeriğine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36: 125-129.

Ayub M, Nadeem M, Sharar M, Mahmood N (2002). Response of maize (*Zea mays* L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. Asian Journal of Plant Sciences 1: 352-354.

Balemi T, Negisho K (2012). Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. Journal of soil science and plant nutrition 12: 547-562.

Cenkseven Ş., Koçak B., Kızıldağ N., Aka Sağlıker H., Darici C., (2019). Negative priming effects of emamectin benzoate on soil microbial activity", Journal of environmental protection and ecology, vol.20, pp.1140-1148.

Dobermann A, (2007). Nutrient use efficiency–measurement and management. Fertilizer best management practices 1.

Fageria N, Filho M B 2007. Dry-matter and grain yield, nutrient uptake, and phosphorus use-efficiency of lowland rice as influenced by phosphorus fertilization. Communications in soil science and plant analysis 38: 1289-1297.

Fageria N K (1992). Maximizing crop yieldsCRC Press. 2005. Fertilización azufrada en maíz en la pampa ondulada. Congreso Nacional de Maíz. 8. 2005 11 16-18, 16 al 18 Noviembre 2005. Rosario, Santa Fe. AR.

Çizelge 6. P kullanım etkinlikleri hesaplamaları
Table 6. Calculation of P use efficiency

Uygulamalar	AE	FE	AFE	KE	GKE
	(kg dane kg ⁻¹ P)	(kg biokütle kg ⁻¹ P)	(kg dane kg ⁻¹ P)	(kg biokütle kg ⁻¹ P)	(%)
P5	18 ±8b	421 ±35b	264 ±31	39 ±3b	8 ±1b
P10	32 ±3a	744 ±111a	377 ±76	59 ±9a	12 ±1a
P20	19 ±2b	674 ±74a	303 ±56	50 ±0a	6 ±0c
	p<0.05	p<0.05	p>0.05	p<0.05	p<0.05

- Frossard E E, Bünemann K, Gunst L, Oberson A, Schärer M, Tamburini F (2016). Fate of Fertilizer P in Soils—The Organic Pathway. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 41-61.
- García F, Salvaggiotti F, (2010). Fertilizer best management practices in Argentina with emphasis on cropping systems. *Boas practicas para uso eficiente de fertilizantes 1*: 111-142.
- Güleç, M. and S. Şenol. 2002. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Deneme Alanının Detaylı Toprak Etüd ve Haritalaması. *ÇÜ ZF Dergisi 17*: 103-110.
- Hussein A, (2009). Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at different phosphorus fertilizer application rates. *Res. J. Appl. Sci 4*: 85-93.
- Kacar B, İnal A, (2008). Plant analysis (In Turkish). Nobel Yayın No: 1241
- Marschner P, Rengel Z, (2007). *Nutrient cycling in terrestrial ecosystems* Springer Science & Business Media.
- Mohammad M, Shibli R, Ajlouni M, Nimri L, (1998). Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of plant nutrition 21*: 1667-1680.
- Orhun G E, (2013). Maize for life. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering 3*: 13-16.
- Ortas I, Akpınar Ç, (2011). Response of maize genotypes to several mycorrhizal inoculums in terms of plant growth, nutrient uptake and spore production. *Journal of plant nutrition 34*: 970-987.
- Rathinasabapathi B, Liu X, Cao Y, Ma L Q, (2018). "Phosphate-solubilizing Pseudomonads for improving crop plant nutrition and agricultural productivity." *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology*. Elsevier, 363-372.
- Roberts T L, Johnston A E, (2015). Phosphorus use efficiency and management in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling 105*: 275-281. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.013>.
- Sanginga N, (1992). Early growth and N₂-fixation of leucaena and gliricidia at different levels of phosphorus application. *Fertilizer Research 31*: 165-173.
- Schnug E, Haneklaus S H, (2016). The enigma of fertilizer phosphorus utilization. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 7-26.
- Shenoy V V, Kalagudi G M, (2005). Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnology Advances 23*: 501-513. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.01.004>.
- Snyder C S, (2009). Nutrient Use Efficiency: Global Challenges, Trends, and the future. Proceedings of the Symposium "Nutrient Use Efficiency" presented by the International Plant Nutrition Institute (IPNI) at the XVIII Latin American Congress of Soil Science. San Jose, Costa Rica, November.
- USA, 1975. Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agriculture Handbook no. U. S. Government Printing Office Washington DC.
- Vance C P, Uhde-Stone C, Allan D L, (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New phytologist 157*: 423-447.
- Veneklaas E J, H. Lambers J, Bragg P M, Finnegan C E, Lovelock W C., Plaxton, ... Raven J A, (2012). Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. *New Phytologist 195*: 306-320.
- Yli-Halla M, (2016). Fate of fertilizer P in soils: inorganic pathway. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer. p. 27-40.

İzmir İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ile Mikroelement Kapsamlarının Belirlenerek Haritalanması

Nejat ÖZDEN^{1,*} İdris USLU¹ Ömer SÖKMEN¹ Faruk METİNOĞLU¹

¹Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Menemen / İzmir

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

Geliş tarihi (Received) : 10.03.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.701590

Öz

Araştırma, İzmir ili tarım topraklarının verimlilik ve mikroelement kapsamlarını belirlemek, CBS tekniği kullanılarak veri tabanı ve dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla 2014-2017 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma kapsamında, tarım alanlarını temsil edecek şekilde 2.5 km x 2.5 km aralıklarla 0-20 cm toprak derinliğinden 502 toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; bünye, pH, EC, kireç, organik madde ile ekstrakte edilebilir fosfor, potasyum, demir, bakır, çinko ve mangan analizleri yapılmıştır. Toprak analiz sonuçları, belli kriterlere göre sınıflandırılarak, besin maddelerinin eksiklik, yeterlilik veya fazlalık seviyeleri belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre, İzmir ili tarım topraklarının %55.18'inin kumlu tın-kumlu killi tın bünyede, %49.60'ünün orta alkali, %42.03'ünün çok hafif tuzlu, %57.17'sinin kireçsiz-çok az kireçli, %55.98'inin ise çok az organik maddeye sahip olduğu saptanmıştır. Alınabilir elementler bakımından %28.09'unda fosfor yetersiz, ekstrakte edilebilir elementler bakımından %47.21'sinde potasyum zengin, %90.84'ünde demir, %96.61'inde mangan yüksek, %44.42'sinde çinko, %69.92'sinde bakır orta seviyede bulunmuştur. Toprak parametrelerinin sınıflandırılmasından sonra CBS kapsamında veri tabanı oluşturulmuş ve IDW yöntemi kullanılarak toprak dağılım haritaları üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: IDW, İzmir, mikro bitki besin elementi, toprak verimliliği, veri tabanı

Determining and Mapping the Fertility and Microelement Scopes of the Agricultural Soils of İzmir Province

Abstract

This research was carried out to determine the fertility and microelement scopes of the agricultural soils of İzmir province and to create a database and distribution maps (pin maps) by using geographic information systems technique between 2014-2017. Within the scope of the research, a total of 502 soil samples, representing agricultural areas, were taken from 0-20 cm soil depth with 2.5 km x 2.5 km grid intervals. In soil samples taken; texture, pH, EC, lime, organic matter and extractable phosphorus, potassium, iron, copper, zinc and manganese analyzes were performed. Soil analysis results were classified according to certain criteria and deficiency, adequacy or excess levels of nutrients were determined. After the classification of soil parameters, a database was created within the scope of GIS and soil distribution maps were produced via Inverse Distance Weighted method. According to the results it was found out that, 55.18% agricultural soils of İzmir was sandy-loamy, 49.60% was mildly alkaline, 42.03% was slightly saline, 57.17% was non calcareous-slightly calcareous, 55.98% had minimal organic matter. In terms of available elements, 28.09% did not have enough phosphorus, in terms of extractable elements 47.21% had high potassium, 90.84% had high levels of iron, 96.61% had high levels of manganese, 44.42% had zinc and 69.91% had medium levels of cooper.

Keyword: Database, İzmir, micro plant nutrient element, soil fertility, IDW

Nejat ÖZDEN: 0000-0002-5508-8877

İdris USLU: 0000-0003-4505-8348

Ömer SÖKMEN: 0000-0001-6050-8883

Faruk METİNOĞLU: 0000-0002-9095-9519

GİRİŞ

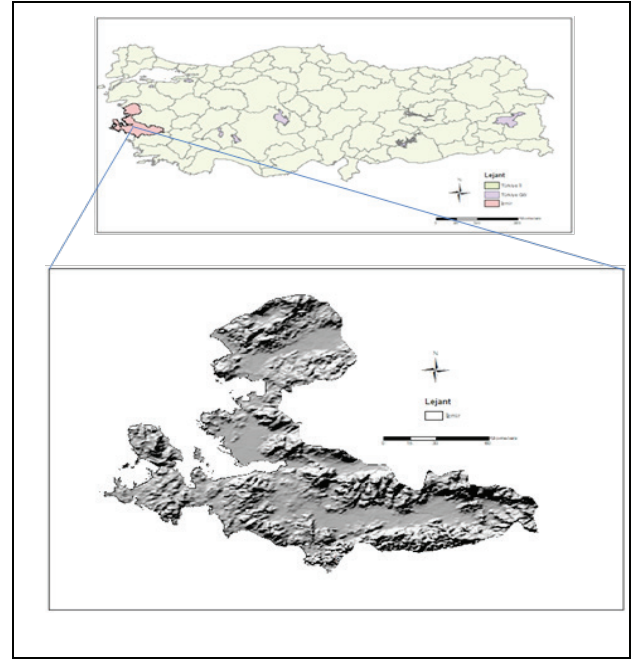
Tarım alanlarımızın verimliliklerinin sürdürülebilmesi için, öncelikle bu alanların özelliklerinin en iyi şekilde tanımlanması, bunun için de toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Tarım alanlarının özelliklerinin belirlenip güncelleştirilerek bir veri tabanı oluşturulması, toprak kaynaklarının doğru kullanımına yönelik yeni araştırma projeleri için de ön bilgiler sağlayacaktır. Coğrafi koordinatları belli toprak örnekleri üzerinde yapılacak analizler sonucunda, belirlenen özelliklerin zaman içindeki değişimleri de takip edilerek, tarım alanlarındaki olumsuz değişimler kontrol altına alınabilecektir. Bilişim teknolojisinde hızlı gelişmelere tanıklık eden çağımızda, her türlü bilgiyi toplamak, işlenebilir hale getirmek ve bilgiyi toplum yararına paylaşmak en önemli değerler olmuştur. Bu anlamda, tüm bilgilerin %80' ini oluşturan harita bilgilerinin elektronik ortamda yönetilmesinde etkin bir araç haline gelen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bugünün ve geleceğin en önemli bilgi teknolojisi sayılmaktadır (Özden, 2006). Farklı niteliklere sahip toprakların en üretken şekilde kullanılması amaçlandığında çeşitli kullanım türlerinin gereksinimleri dikkate alınarak bir planlamaya gidilmesi zorunludur. Bu nedenle çok karmaşık bir yapıya sahip olan toprakların da bitkiler, hayvanlar ve diğer objeler gibi sınıflandırılması zorunluluğu vardır (Roberts, 1979).

İzmir ilinde yürütülen bu araştırma ile tarım yapılan toprakların verimlilik ve mikroelement kapsamalarının belirlenmesi, belirlenen bu toprak özelliklerinde sonradan oluşacak değişimlerin izlenebilmesini sağlayacak güncel toprak veri tabanlarının oluşturulması ve haritalanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma örnek alanı olarak İzmir ili tarım toprakları seçilmiştir. Yüzölçümü 12086 km² olan İzmir ili batıda Ege Denizi, kuzeyde Balıkesir, doğuda Manisa, güneyde de Aydın illeriyle sınırlıdır (Şekil 1). Araştırmanın ana materyalini oluşturan İzmir ili topraklarının % 28.5'ini tarım alanları oluşturmaktadır. Toplam 3.450 km² tarım arazilerinin; %41.4'ü tarla, %28.2'si zeytin, %10.9'u sebze, %9.8'i meyve ve %3.7'si bağ alanıdır.

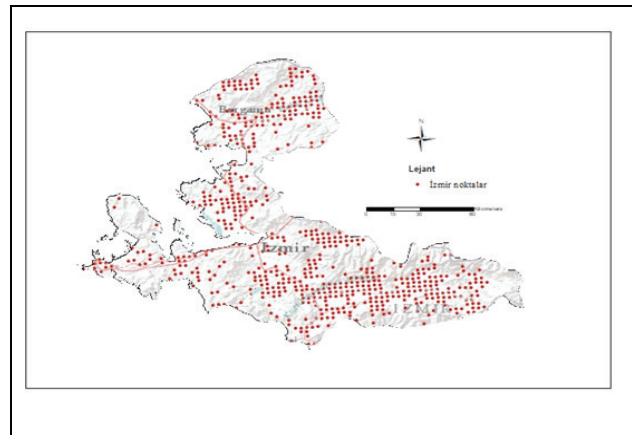


Şekil 1. Araştırma alanı
Figure 1. Research area

Yöntem

Toprak örnekleme alanlarının belirlenerek örneklerin alınması

Araştırmada alınacak toprak örneği sayısını tespit etmek için, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından sayısal ortama aktarılan 1/25000 ölçekteki toprak haritalarından; sulu tarım, kuru tarım, bağ, bahçe, zeytin, turunçgiller vb. tarım yapılan alanlar dikkate alınarak çalışma alanı belirlenmiştir. Türkiye haritası üzerinde 2.5 km x 2.5 km'lik gridler oluşturulmuş ve tarım alanlarına düşen noktalar seçilerek, İzmir ili için 502 örnek sayısı tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 2.5 km x 2.5 km grid sistemine göre toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar
Figure 2. Locations of the soil samples taken according to 2.5 km x 2.5 km grid system

Koordinatları önceden belirlenmiş olan noktalara GPS ile gidilerek, toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten paslanmaz çelik kürek ile alınmış ve polietilen torbalara konularak örnek numarası yazılmak suretiyle etiketlenmiştir.

Toprak örneklerinde laboratuvar analizleri

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri, temiz ambalaj kağıtlarına serilerek, taş ve bitki parçacıkları ayıklanacak ve havada kurumaya bırakılacaktır. Kuruyan topraklar tahta tokmaklarla dövülerek 2 mm'lik çelik elekten geçirilmiş, analizler için gerekli miktarlar polietilen kutulara konularak etiketlenmiş, kalan toprak örnekleri usulüne uygun olarak arşivlenmiştir. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin; kum, kil ve silt yüzdeleri, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülerek (Richards, 1954) tayin edilmiştir. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, saturasyon çamurundan çıkartılan ekstrakta kondaktivite cihazı ile ölçülmesiyle (Richards, 1954); kireç (CaCO₃) içerikleri, Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla (Çağlar, 1949); organik madde, modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle (Nelson ve Sommers, 1982) saptanmıştır. Alkalın ve nötr karakterli toprakların alınabilir P içerikleri, Olsen yöntemine göre (Olsen vd., 1954), ekstrakte edilebilir K, Fe, Cu, Zn ve Mn değerleri, toprak örneklerinin 1 N amonyum asetat (pH=7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle (Soil Survey Staff, 1992) belirlenmiştir.

Veri tabanı oluşturma ve haritalama

Projenin üçüncü aşamasında; birinci ve ikinci aşama sonuçlarında elde edilen veriler CBS kapsamında değerlendirilmiş, analiz edilmiş, veri tabanı oluşturulmuş ve haritalanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Toprak analizleri sonucunda elde edilen bilgiler, arazi çalışmaları sırasında elde edilen konumsal bilgilerle ilişkilendirilmek suretiyle her gözlem noktasına ait analiz sonuçlarını içeren dosyalar elde edilmiştir. Öznitelik tablolarında bulunan ve her bir gözlem noktasına ait toprak analiz sonuçlarını içeren veriler ayrı ayrı ele alınarak CBS' nin analiz fonksiyonlarından yararlanılarak değerlendirilmiştir.

Noktasal özellikte olan toprak analiz sonuçları, ölçülmüş değerlerden yola çıkarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi için kullanılan "InversDistanceWeighting (IDW)" doğrusal

olmayan enterpolasyon teknikleri kullanılarak haritalandırılmıştır. IDW; bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. İlgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir. Verilerin sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır. IDW, deterministik bir yöntemdir (Korkmaz vd., 2008; Doğan vd., 2013). Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Farklı ağırlıklı fonksiyonların çeşitleri kullanılmış fakat IDW, CBS sistemlerindeki en ortak form olmuştur. IDW tam bir ara değer üreticisidir. Öyle ki verilerin değerlerini pekiştirir. IDW tahmincisi aşağıdaki gibidir (Loyd, 2007; Demircan vd., 2011);

Tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}}$$

ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur ($z(X_{0i})$ ve $i=1,2,\dots,n$); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir (Demircan vd., 2011). Matematiksel formüller yukarıda açıklandığı şekilde olup, CBS yazılımı olan ArcGIS ortamında hesaplanmış ve haritalar üretilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

İzmir ili tarım topraklarından alınan toprak örneklerinin verimlilik ve mikroelement analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Çarpıklık normal dağılım simetrikliğin bozulma derecesi olarak bilinmektedir. Çizelge 1 ve 2'de verilen çarpıklık katsayıları incelendiğinde; kum, silt, kil pH, organik madde dışındaki özelliklerin normal dağılımdan uzak pozitif dağılımlar gösterdiği saptanmıştır. Pozitif çarpıklık katsayıları, incelenen toprak özelliklerinin sola doğru bir asimetric yapı ile normal dağılımdan uzaklaştığını göstermektedir. Bu durum, birçok

Çizelge 1. İzmir ili tarım topraklarının verimlilik yönünden tanımlayıcı istatistikleri**Table 1.** Descriptive statistics of İzmir agricultural lands in terms of fertility

	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	EC (dSm ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	Alın. P (mgkg ⁻¹)	Alın. K (mgkg ⁻¹)
En Düşük	14.40	4.00	1.28	4.08	0.18	0.01	0.66	1.04	30.10
En Yüksek	94.20	54.00	57.04	8.62	12.33	41.96	4.81	167.39	2666.20
Ortalama	57.89	24.16	17.95	7.20	1.51	5.26	1.94	21.67	299.10
Basıklık	-0.34	0.45	0.91	-1.05	3.14	2.28	1.01	2.46	3.91
Çarpıklık	-0.54	0.18	0.31	1.30	13.33	5.03	1.01	8.74	25.28
Ortanca	60.40	24.00	15.18	7.41	0.95	1.17	1.82	14.23	227.25
Std. Sapma	16.35	8.52	11.46	0.77	1.55	8.51	0.75	2.22	2.69
Varyans	267.17	72.54	131.38	0.60	2.39	72.43	0.56	494.32	269.15
Var. Kat.	28.24	35.26	63.84	10.69	102.65	161.79	38.66	10.24	0.90

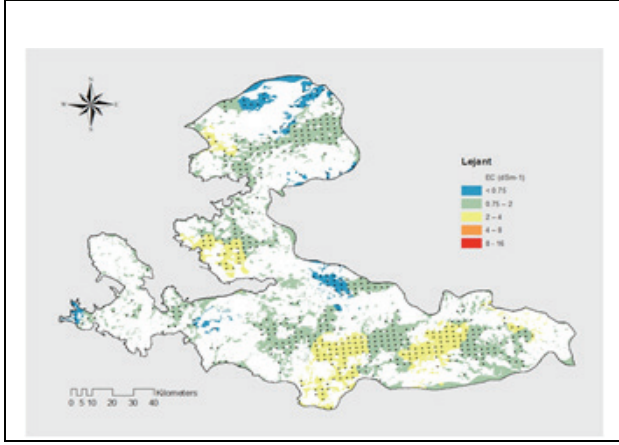
Çizelge 2. İzmir ili tarım topraklarının mikroelement yönünden tanımlayıcı istatistikleri**Table 2.** Descriptive statistics of İzmir agricultural lands in terms of microelements

	Ekstrakte Edilebilir Elementler (mgkg ⁻¹)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
En Düşük	2.04	0.01	0.07	2.20	0.02
En Yüksek	269.70	30.20	19.14	299.60	4.30
Ortalama	29.95	2.35	1.44	28.98	0.55
Basıklık	2.93	3.85	4.25	3.48	3.80
Çarpıklık	10.64	19.80	25.97	15.56	22.31
Ortanca	16.35	1.31	0.86	16.29	0.45
Std. Sapma	37.69	3.31	1.85	35.75	0.44
Varyans	1420.00	10.94	3.44	1278.00	0.20
Değ. Kat.	125.84	140.85	128.47	123.36	80.00

toprak özelliklerine ait değişkenlik katsayılarının yüksek bulunmasıyla da desteklenmektedir. Wilding (1985) ile Mulla and Mc Bratney (2000) toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadırlar.

Bu araştırmada, incelenen toprak özelliklerinde pH, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyumun düşük, kum bünyenin orta, diğer toprak özelliklerinin ise yüksek değişkenliğe sahip olduğu, en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin ekstrakte edilebilir Cu (%140.85) olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Literatürde birçok araştırmacı toprak özelliklerinin değişkenlik katsayısına göre düşük, orta ve yüksek değişkenlikler gösterdiğini (Erşahin 1999; Sağlam 2008; Özyazıcı vd. 2011; Sağlam 2013; Dengiz vd. 2015) bildirmektedir.

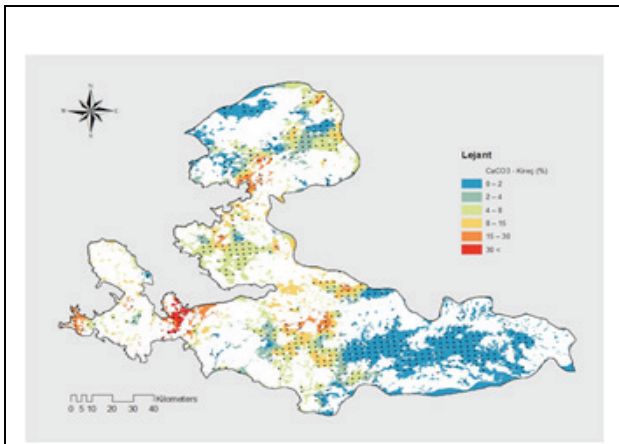
Toprağın fiziksel özellikleri, toprağın görülebilen veya hissedilebilen özellikleri olarak tanımlanabilir. Toprakta bulunankum, kilvetıngibi parçacıkların oranı toprağın bünyesini oluşturur. Verimlilikte toprağın bünyesinin etkisi büyüktür. Toprak bünyesinin incelenmesiyle bitkiler için gerekli olan besin maddeleri, ana materyalin yapısı göz önüne alındığında daha yüksek düzeyde olduğu bilinmektedir. Araştırma alanı topraklarının kum içeriği %14.40-94.20, silt içeriği %4.00-54.00 ve kil içeriği ise %1.28-57.04 arasında değişmekte olup %55.18'inin kumlu tın-kumlu killi tın bünyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 3, 4 ve 5). Kaba bünyeli topraklarda hem azot eksikliği hem de ürün miktarı düşük çıkabilir. Araştırma topraklarının genel olarak yarısı hafif kaba bünyeli olduğu göz önüne alındığında, toprakların organik madde miktarının artırılması gerekir. Topraksu (1983)'e göre saturasyon yüzdesine göre yapılan sınıflandırmada İzmir ili tarım topraklarının %52.9'u tınlı, %40.8'i killi tınlı, %5.8'i killi ve %0.5'i kumlu bünyeye sahiptir.



Şekil 7. İzmir ili tarım topraklarının EC değerlerine ait değişim haritası

Figure 7. Change map of the EC levels of İzmir agricultural lands

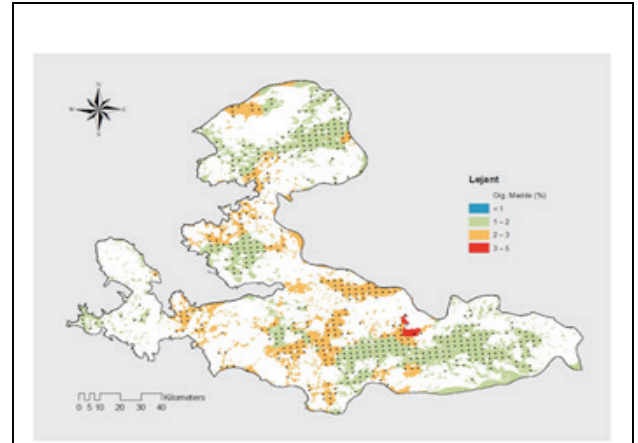
Kireç kil, kum ve humus toprağın katı kısmını oluşturan dört ana unsurdur. Temel unsurlardan olan kireç, humus ve killerin birlikteliğini sağlar. Topraklarda kireç genellikle kalsiyum karbonat veya dolomit kireci halinde bulunur. Topraktaki kireç yağışlar ve sulama suyunun eritme etkisi ile çözünerek kalsiyum ve karbonat veya bikarbonat şeklinde iyonlara ayrılır. Bu iyonların toprak ortamında veya sulama suyunda fazla bulunması bitki beslenmesi bakımından (özellikle demir, çinko ve fosfor elverişliliği) büyük problemler meydana getirmektedir. Araştırma alanı topraklarında kireç %0.01-41.96 arasında değişmekte olup, toprakların yarısından fazlasının (%57.17) kireçsiz, çok az kireçli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8). Topraksu (1983)'e göre İzmir ili tarım topraklarının %59.4'ü az kireçli, %17.7'si kireçli, %13.7'si orta kireçli, %4.9'u fazla kireçli ve %4.3'i ise çok fazla kireçli olarak saptanmıştır.



Şekil 8. İzmir ili tarım topraklarının kireç (CaCO₃) değerlerine ait değişim haritası

Figure 8. Change map of the lime levels (CaCO₃) of İzmir agricultural lands

Organik madde bitkiler için önemli bir besin maddesi kaynağıdır. Topraktaki azotun %90'dan fazlasının toprak organik maddesinde bulunması nedeniyle, organik maddenin besin kaynağı işlevi ile azot açısından ayrı bir önem taşımaktadır (Altınbaş vd., 2004). Araştırma alanı topraklarında organik madde %0.66-4.81 arasında değişmekte olup, toprakların %55.98'inde az seviyede organik madde içerdiği saptanmıştır. (Şekil 9). Organik madde toprak verimliliğini, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Azaltılmış toprak işleme, zamanında ve yeterli azotlu gübreleme, yeşil gübreleme ya da yanmış ahır gübresi uygulamalarıyla toprağın organik madde miktarı artırılabilir. Topraksu (1983)'e göre İzmir ili tarım topraklarının %15.9'unda organik madde çok az, %50.0'sında az, %25.5'inde orta, %6.4'ünde iyi ve %2.2'sinde ise yüksek olarak bulunmuştur.

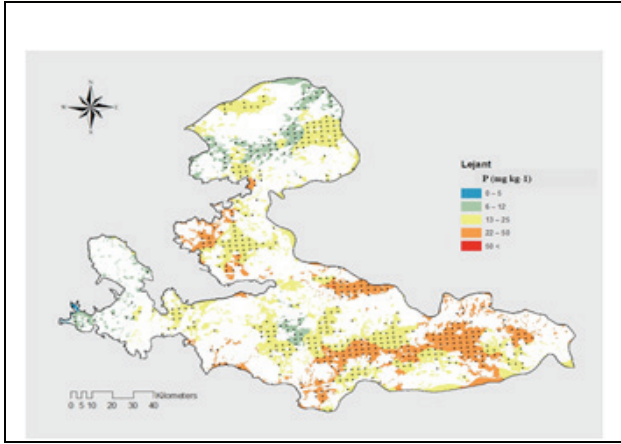


Şekil 9. İzmir ili tarım topraklarının organik madde değerlerine ait değişim haritası

Figure 9. Change map of the organic matter levels of İzmir agricultural lands

Toprak fosforunun en önemli kaynağı primer minerallerdir. Primer minerallerin aşınma ve parçalanması ile serbest hale geçen fosforun bitkiler tarafından alınması ve asimilasyonu ile fosfor organik maddeye bağlanır. Organik materyalin çeşitli dönüşümler sonundan toprağa geçmesi ile toprakta organik fosfor fraksiyonu oluşur. Bu formdaki fosforun bitkiye yararlı hale geçmesi ancak organik maddenin parçalanması ile olasıdır. Ancak, organik fosfor bileşikler yavaş parçalanmış bileşiklerdir. Sıcaklık ve pH toprak organik fosforunun parçalanmasında önemli iki etmendir. Yapılan çalışmalarda toprak pH'sı arttıkça organik fosforun azaldığı belirlenmiştir (Thompson,

1950). Bitki açısından fosfor kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, döllenme ile hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından büyük önem arz eden bir besin elementidir (Bilen ve Sezen, 1993). İncelenen topraklarda bitkiler tarafından alınabilir P 1.04-167.39 mgkg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %28.09'unda P'nin yetersiz olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Topraksu (1983)'e göre İzmir ili tarım topraklarının %25.1'inde P₂O₅ çok az, %25.6'sında az, %17.7'sinde orta, %10.9'unda yüksek, %20.7'sinde ise çok yüksek P₂O₅ varlığı saptanmıştır.

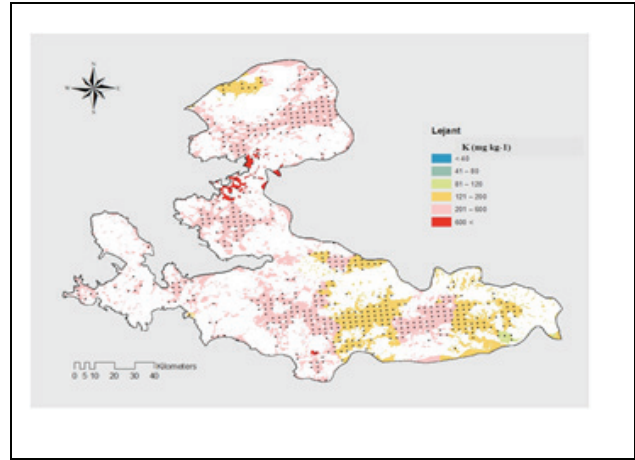


Şekil 10. İzmir ili tarım topraklarının alınabilir fosfor değerlerine ait değişim haritası

Figure 10. Change map of the available phosphorus levels of İzmir agricultural lands

Bitkiler tarafından en çok alınan elementler arasında ikinci sırada yer alan potasyum, toprakta da en fazla bulunan bitki besin elementleri arasında yer alır ve yer kabuğunun yaklaşık %2.5'ini oluşturur. Toprakların potasyum kapsamı, bünyelerine bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişim göstermektedir. Kumtaşı ve kuvarsit üzerinde oluşan kaba bünyeli topraklarda yaklaşık 20-25 kgda⁻¹ K₂O bulunmasına karşın, yüksek potasyum içeren kayalar üzerinde oluşmuş ince bünyeli topraklarda 5000-6000 kgda⁻¹ K₂O bulunabilmektedir. Potasyum, bitki büyümesi ve çoğalmasını sürdürmek için ihtiyaç duyulan hemen hemen tüm süreçlerde gereklidir. Ayrıca, büyüyen bitkilerin genel sağlığını iyileştirdiğinden ve hastalıklara karşı savaşmalarına yardımcı olduğundan, "kaliteli" besin maddesi olarak bilinir. Araştırma alanı topraklarında bitkiler tarafından alınabilir K 30.10-2666.20 mgkg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %47.21'inde K'nin olduğu bulunmuştur (Şekil 11). Topraksu (1983)'e göre İzmir ili tarım topraklarının %31.8'inde K₂O az,

%16.5'inde orta, %8.1'inde yeter, %43.6'sında ise yüksek K₂O varlığı saptanmıştır.



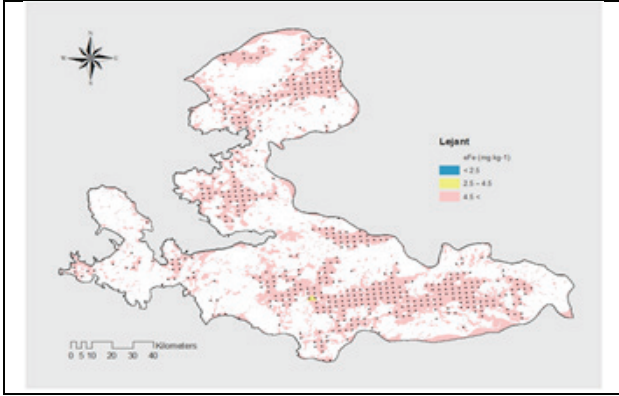
Şekil 11. İzmir ili tarım topraklarının alınabilir potasyum değerlerine ait değişim haritası

Figure 11. Change map of the available potassium levels of İzmir agricultural lands

Mikro elementler, gerek topraklarda gerekse bitkilerde çok küçük miktarlarda bulunurlar, varlıkları ancak milyonda kısım olarak (ppm) ifade edilebilir. Topraktaki yarayışlı ve bitkideki miktarları çok düşük olmalarına rağmen eksiklikleri söz konusu ise tarımsal üretimin düşmesine yol açarlar. Bitkisel üretimle, topraktan bir yılda sömürülen mikro element miktarı, topraktaki toplam mikro element miktarının çok küçük bir kısmını oluşturur. Bu oran %1'den daha azdır. Bitkilerde çok yoğun olarak mikro element eksiklik belirtileri görüldüğü durumlarda bile topraktaki toplam mikro element miktarları oldukça yüksek ve bitki gereksiniminin üzerindedir. Tarım topraklarında, toplam mikroelement eksikliğinden kaynaklanan ve temel eksiklik diye tanımlanan eksikliğe pek rastlanmaz, ancak, yıkanmanın çok ciddi boyutlarda görüldüğü kumlu topraklarda ve bazı peat topraklarda bu durum görülebilir (Eyüpoğlu vd., 1996).

Topraklarda Fe, genelde yüzeyde oksit ve hidrooksitleri şeklinde bulunur. Fakat toprağın organik madde bölümünde genelde şelatları şeklinde bulunur. Hem mineral ve hemde Fe'nin organik bileşikler toprakta kolayca dönüşür ve organik madde Fe oksitlerin oluşumu üzerine etkileyici rolü vardır. Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir Fe miktarı 2.04-269.70 mgkg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakların %90.84'ünde Fe'nin yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 12). Eyüpoğlu vd. (1996), Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı bazı mikro

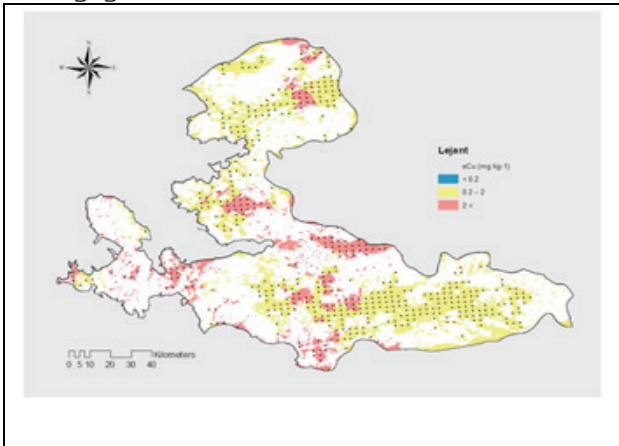
elementler bakımından genel durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada İzmir ili topraklarının %20.51'inde <4.5 mgkg^{-1} , %30.77'sini $4.5-9$ mgkg^{-1} , %48.72'sini ise >9 mgkg^{-1} değerlerinde bulmuşlardır.



Şekil 12. İzmir ili tarım topraklarının ekstrakte edilebilir demir değerlerine ait değişim haritası

Figure 12. Change map of the extractable iron levels of İzmir agricultural lands

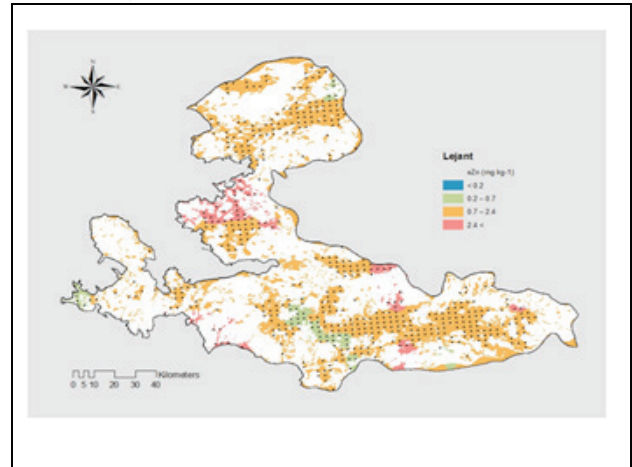
Bakır toprakta en az mobil ağır metal olmasına rağmen, bu metal toprağın tüm tip çözeltilerinde, kompleksleşmiş iyonlar şeklinde ve serbest olarak çok bulunan bir metaldir. Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir Cu miktarı $0.01-30.20$ mgkg^{-1} arasında değişmekte olup, toprakların %69.92'sinde Cu'nun orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 13). Eyüpoğlu vd. (1996), Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler bakımından genel durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada İzmir ili topraklarının %20.51'inde $0.8-1.0$ mgkg^{-1} , %35.90'ında $1.0-1.6$ mgkg^{-1} , %17.95'inde ise $1.6-2.2$ mgkg^{-1} arasında belirlenmiştir.



Şekil 13. İzmir ili tarım topraklarının ekstrakte edilebilir bakır değerlerine ait değişim haritası

Figure 13. Change map of the extractable copper levels of İzmir agricultural lands

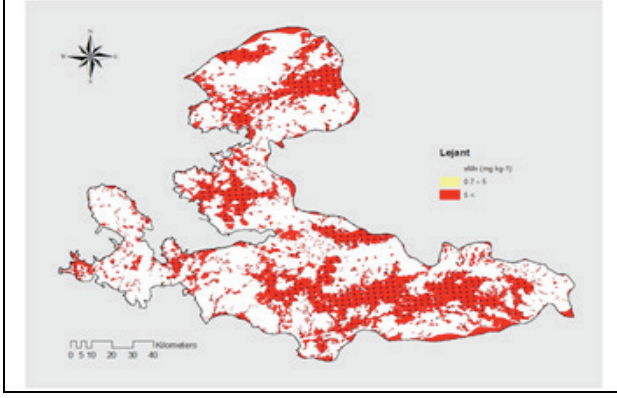
Çinko ZnS şeklindedir. Fakat silikatlarda Mg^{2+} ile yer değiştirdiği bilinir. Havalanma işlemleri sırasında özellikle asit oksitleyici çevrelerde Zn mineralinin çözünmesiyle mobil Zn^{2+} oluşur. Fakat Zn mineral ve organik maddelerce kolayca adsorbe olur ve böylece tüm toprak çeşitlerinde yüzeyde Zn birikimi gözlenir (Bakırcıoğlu 2009). Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir Zn miktarı $0.07-19.14$ mgkg^{-1} arasında değişmekte olup, toprakların %44.42'sinde Zn'nin orta düzeyde olduğu saptanmıştır (Şekil 14). Eyüpoğlu vd. (1996), Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler bakımından genel durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada İzmir ili topraklarının %61.54'ünde <0.5 mgkg^{-1} , %30.77'sinde ise $0.5-1.0$ mgkg^{-1} arasında bulunmuştur.



Şekil 14. İzmir ili tarım topraklarının ekstrakte edilebilir çinko değerlerine ait değişim haritası

Figure 14. Change map of the extractable zinc levels of İzmir agricultural lands

Mangan, toprak çözeltilerinde çok sayıda basit ve kompleks iyonları şeklinde olabilir. Bütün Mn bileşikleri toprak için önemlidir. Araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir Mn miktarı $2.20-299.60$ mgkg^{-1} arasında değişmekte olup, toprakların %96.61'inde Mn'nin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 15). Eyüpoğlu vd. (1996), Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler bakımından genel durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada İzmir ili topraklarının %15.37'sinde $5-10$ mgkg^{-1} , %53.81'inde $10-20$ mgkg^{-1} , %30.82'sinde ise >20.0 mgkg^{-1} değerlerinde belirlenmiştir.



Şekil 15. İzmir ili tarım topraklarının ekstrakte edilebilir mangan değerlerine ait değişim haritası

Figure 15. Change map of the extractable manganese levels of İzmir agricultural lands

SONUÇLAR

Toprak, insanoğlunun sahip olduğu en önemli varlıkların başında gelmektedir. Tarımsal üretimin temeli topraktır. Hayvansal ve bitkisel üretimi oluşturan tüm maddeler topraktan sağlanır. Tarımda istenilen miktar ve kalitede ürünün elde edilmesinin birinci şartı, toprak verimliliğinin artırılmasıdır. Toprak verimliliğini arttırmada en önemli faktörlerden biri ise bitki besin elementleridir. Gübreleme amacıyla tarım alanlarına uygulanan bitki besin maddeleri, doğru yöntemlerle ve yeterli miktarlarda uygulandıkları takdirde toprak kirliliğine neden olmazlar. Ancak, bitki ihtiyacının çok üzerinde uygulanan ve topraktan kolayca uzaklaştırılmayan bazı besin maddeleri, diğer besin maddelerinin alınmasını engelledikleri için kirlenici unsur olabilirler. Ülkemiz genelinde, ekonomik anlamda tarımsal üretimin yapıldığı yörelerde aşırı ve bilinçsiz gübreleme uygulaması yanında, N, P ve K gübrelemesine dayalı tek yönlü gübreleme, toprakta ve bitkide mikro besin maddesi açlıklarının yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle toprakların özelliklerini saptamadan yapılan tarımdan büyük fayda sağlanamaz. Tarımın ve sanayiinin başarılı olması veya geleceğe yönelik planlamaların doğru yapılabilmesi için ilk önce eldeki materyalin çok iyi tanınması gerekmektedir. Sonuçta bu araştırma, İzmir ili tarım topraklarının özelliklerinin iyi tanınması, tarımın ve gerektirdiği girdilerin planlanmasında büyük fayda sağlayacaktır. Ayrıca, elde edilen haritalar incelenen parametreler yönünden bölgenin genel özellikleri hakkında bilgi niteliğinde olup, yapılacak diğer araştırmalara önemli ön bilgi sağlayacak ve model oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Altınbaş Ü, Çengel M, Uysal H, Okur B, Okur B, Kurucu Y, Delibacak S (2004). Toprak bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557, İzmir.
- Bakırcıoğlu D (2009). Toprakta makro ve mikro element tayini. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 134 sayfa.
- Bouyoucos GJ (1951). A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Çağlar KÖ (1949). Toprak bilgisi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 10.
- Çengel M (2006). Toprak mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 558, İzmir.
- Dengiz O, Özyazıcı MA, Sağlam M (2015). Multi-criteria assessment and geostatistical approach for determination of rice growing suitability sites in Gokirmak catchment. *Paddy and Water Environment*, 13(1): 1-10.
- Demircan M, Alan İ, Şensoy S (2011). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sıcaklık haritalarının çözünürlüğünün artırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Doğan HM, Yılmaz DS ve Kılıç OM (2013). Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Tokat.
- Erşahin S (1999). Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(19): 34-41.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S (1996). Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 72 s., Ankara.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını Teknik Yayın No: T-67, Genel Yayın No: 220 Ankara.
- Korkmaz Başel ED, Çakın K, Satman A (2008). Türkiye'nin yeraltı sıcaklık haritası ve tahmini ısı içeriği, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.
- Lloyd CD (2007). Local models for spatial analysis, CRC Press, 21-22p.
- Mulla DJ, AB McBratney (2001). Soil spatial variability, pp. 343-374. In A.W. Warrick (ed.). *Soil Physics Companion*. CRC Press. USA.
- Nelson DW, Sommers LE (1982). Total carbon, organic carbon, organic matter. In: AL Madison, Editor. *Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties second edition*. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Inc. pp. 539-579.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular Nr 939*, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.

Özden AF (2006). Dünya CBS günü, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu Yıldız-Beşiktaş/İstanbul.

Özyazıcı MA, Özyazıcı G, Dengiz O (2011). Determination of micronutrients in tea plantations in The Eastern Black Sea Region, Turkey. African Journal of Agricultural Research, 6(22): 5174-5180.

Richards LA (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U.S.A: U.S. Department of Agriculture, Handbook 60.

Roberts JC (1979). Principles of land use planning ame, Soc. Agr., No: 21. (47)s.

Sağlam M (2008). Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sağlam M (2013). Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi, 2(1): 7-14.

Soil Survey Staff (1992). Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. Soil Survey Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

Thompson, LM (1950). The mineralisation of organic phosphorus, nitrogen and carbon in virgin and cultivated soils. Ph.D. Thesis Iowa State College.

Topraksu (1983). İzmir ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Topraksu Genel Müdürlüğü yayınları. TOVEP yayın no: 09. Genel yayın no: 737.

Wilding LP (1985). Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys, pp. 166-194. In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). Soil Spatial Variability: Pudoc, Wageningen, Netherlands.

Organik ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Karabuğdayda Kök Gelişimine Etkisi

Umur ÇÜRÜK^{1,*} Mehmet IŞIK² Elif FERAHOĞLU¹ Saliha KIRICI¹ İbrahim ORTAŞ²

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 01330, Adana

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana.

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

Geliş tarihi (Received) : 24.02.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.693276

Öz

Zengin protein, karbonhidrat, mineral ve vitamin içeriği ile insan beslenmesi açısından son derece sağlıklı olan karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) bitkisi aynı zamanda hastalık oluşma riskini azaltan gıdalar (fonksiyonel gıdalar) arasında yer alıp özellikle çölyak hastaları tarafından kullanılmaktadır. Karabuğday bitkisinin gelişimini sağlayabilmesi için gelişmiş bir kök sistemine ihtiyacı vardır. Literatürde kök morfolojik özelliklerine ilişkin çok az çalışma olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı; iki farklı karabuğday çeşidinde, organik ve inorganik gübre uygulamalarının bazı bitki kök parametreleri (uzunluk, alan, hacim ve çap) üzerine etkisini araştırmaktır. Deneme Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanında 2019 yılında, bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede tescilli Aktaş ve Güneş karabuğday çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada 5 gübreleme uygulaması (Kontrol, Üre, Solucan gübresi, Tavuk gübresi, Sığır gübresi) uygulanmıştır. Karabuğday ekimi Nisan 2019'da yapılmış, Temmuz 2019'da da hasat edilmiştir. Hasat ile birlikte birim m² alanda bitki kökleri örneklenip yıkandıktan sonra laboratuvarında WinRhizo programı yardımı ile bitki kök morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre, kök uzunluğu bakımından gübre uygulamalarının arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmıştır. Kök uzunluğu bakımından en iyi uygulama tavuk gübresi (39.7 km.da⁻¹) olurken onu üre (27.8 km.da⁻¹) izlemiştir. Kök alanı ve kök hacmi parametreleri yönünden farklı çeşitler ve farklı gübreler arasında ayrıca istatistiksel önemlilik belirlenmiştir. Aktaş karabuğday çeşidinde Güneş çeşidine göre kök gelişiminin arttığı saptanmıştır. Gübre uygulamalarından ise tavuk gübresi ve üre gübre uygulamaları kontrole göre kök gelişimini daha iyi arttırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, kök morfolojik özellikleri, organik gübreler

The Effects of Organic and Inorganic Fertilizer Applications on Buckwheat Root Development

Abstract

The buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) is very healthy for human nutrition with its rich protein, carbohydrate, mineral and vitamin content. It is also among the functional foods that reduce the risk of disease especially used by celiac patients. The buckwheat plant needs an advanced root system for its healthy growth. It has been found that there is a very few studies in the literature on root morphological characteristics of buckwheat plant. The aim of study is to investigate the effect of organic and inorganic fertilizer applications on two different buckwheat varieties some plant root parameters (length, area,

volume and diameter). The experiment was established as randomized design in split-plots in 2019 in Cukurova University, Department of Field Crops Research and Application. Aktaş and Güneş buckwheat varieties were used in the experiment. Five different fertilizers (Control, Urea, Worm-manure, Chicken-manure, Cattle-manure) were used. Buckwheat cultivars were cultivated in April 2019 and harvested in July 2019. After harvesting, the roots were sampled, washed and the morphological characteristics were determined by WinRhizo program. In terms of root length, statistically a significant difference was found between the fertilizer treatments. In terms of root length, the best practice was chicken-manure (39.7 km.da⁻¹), followed by mineral urea (27.8 km.da⁻¹). Statistically significant differences were determined between different buckwheat varieties and different fertilizers in terms of root area and root volume parameters. Aktaş cultivar increased the root growth better than that of Güneş cultivar. Among the fertilizer applications, chicken-manure and urea fertilizer applications increased root growth better than control treatment.

Keywords: Buckwheat, root morphology, organic fertilizer

GİRİŞ

Polygonaceae familyasından *Fagopyrum* cinsine dahil olan karabuğday bitkisinin bilinen 15 türü bulunmaktadır. Bu türler arasında kültürü yapılan en önemli karabuğday türlerinden birisi *Fagopyrum esculentum Moench*'dir (Chauhan vd., 2010, Hayit ve Hülya, 2015).

Karabuğday zengin protein, karbonhidrat, mineral ve vitamin içeriği ile insan beslenmesi açısından son derece önemlidir. İnsan beslenmesinde ekmeke, makarna, tarhana, kraker, kurabiye gibi ürünlerin üretiminde kullanımı dışında hayvan beslemede yem olarak, yeşil gübre olarak, toprak düzenleyicisi olarak, sirke, bira, çay, ispiroto gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. İçerisinde glüten bulunmaması nedeniyle özellikle çölyak hastaları tarafından tüketilmektedir (Acar vd., 2011).

Bitkinin toprakta iyi bir gelişim göstermesi için sağlıklı ve gelişmiş bir kök sistemine sahip olması gerekir. Bu durumun yetiştiği toprak ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmede ve sürekliliğini sağlamada toprağa organik kökenli materyallerin ilavesi oldukça önem arz etmektedir. Dolayısıyla toprak iyileştiricisi olarak organik gübreler kullanılabilir (Soyergin, 2003). Giderek artan gübre fiyatları (Anonim, 2019) ile inorganik gübrelerin aşırı kullanımının toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine olumsuz etkilerinin olduğu dikkate alındığında organik kökenli materyallerin uygulanmasının önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır (Alagöz vd., 2006).

Organik gübreler mineral besin elementi, su tutma kapasitesi, strüktür stabilitesi ve KDK gibi pek çok toprak özelliğini iyileştirmenin yanı sıra bitki

kök morfolojik özelliklerini de arttırabilmektedir (Chen, 2006). Örneğin Yang vd. (2004) yapmış olduğu çalışmada kimyasal gübre uygulamasına göre ahır gübresi ve bitkisel anız artıklarının bazı bitki kök morfolojik özelliklerini arttırdığı görülmektedir.

Kök morfolojisi ve fizyolojisi doğrudan verimi ilgilendirdiğinden için (Su vd., 2019) karabuğday için etkili kök sistemi büyük öneme sahiptir. Örneğin Svačina vd., (2014) arpa bitkisinde yaptıkları çalışmada etkili kök sisteminin verim ve kaliteyi arttırdığını belirtmişlerdir. Wang vd. (2015) ise mısır bitkisinde yaptıkları çalışmada benzer şekilde kök gelişiminin verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Kök gelişiminin verimi etkilemesinin yanı sıra kuraklık stresine karşı bitkinin direncini ve bitkinin beslenmesini arttırdığı da bilinmektedir (Su vd., 2019). Bu noktadan hareketle karabuğday verimi ve gelişimi için etkili kök sistemi büyük öneme sahiptir. Literatürde karabuğday kök morfolojisi ile ilgili çalışmalar kısıtlı olup söz konusu çalışma ile bu açığın kapatılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı; iki farklı karabuğday çeşidinde, organik ve inorganik gübre uygulamalarının bazı bitki kök parametreleri (uzunluk, alan, hacim ve çap) üzerine etkisini araştırmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğdayda kök gelişimine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada bitkisel materyal olarak karabuğday bitkisinin tescilli Aktaş ve Güneş çeşitleri kullanılmıştır. Deneme Cukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama Alanında bölünmüş

Çizelge 1. Organik gübrelerin kimyasal analiz sonuçları
Table 1. Chemical analysis results of organic fertilizers

Gübreler	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	B
			(%)					(mg kg ⁻¹)		
Sığır G.	2.4	0.66	1.16	4.11	0.63	1308	119	353	22	77
Solucan G.	2.8	0.37	0.34	7.98	0.39	1791	71	166	10	17
Tavuk G.	3	1.76	2.16	10.16	0.78	3690	290	432	43	54
Mineral G. Üre	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-

parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Deneme 3 farklı organik gübre (Sığır gübresi, Solucan gübresi, Tavuk gübresi), 1 adet mineral gübre (Üre) ve kontrol uygulaması olmak üzere toplam 5 uygulamadan oluşmaktadır. Gübrelerin uygulanma dozlarında, karabuğday bitkisinin ihtiyaç duyduğu N miktarı esas alınarak kullanılan gübrelerin toplam N içerikleri 4 kg.da⁻¹ N olacak şekilde hesaplanmış ve parsellere uygulanmıştır.

Organik gübrelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Hesaplanan gübre oranları deneme toprağına ekimle birlikte ilave edilmiştir.

Karabuğday çeşitleri 15 Nisan 2019 tarihinde sıra arası 25 cm sıra üzeri 5 cm olacak şekilde parsellere ekimi yapılmıştır. Parsel boyu 3 m parsel genişliği 1.5 m olup parsel boyutu 4.5 m²'dir. Hasat 10 Temmuz 2019 tarihinde gerçekleştirilmiş, birim m² alanda bitki kökleri örneklenip yıkandıktan sonra laboratuvarında WinRhizo programı yardımı ile bitki kök morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 8 istatistik paket programı kullanılarak ANOVA analizi yapılmış olup LSD testine tabi tutulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin toplam kök uzunluğu ve kök yüzey alanı üzerine etkisine ait ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin toplam kök uzunluğu üzerine etkileri incelendiğinde çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar çıkmazken hem gübre uygulamaları arasında hem de gübre x çeşit interaksyonları arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur (Çizelge 2). Gübre-çeşit interaksyonları arasında en yüksek toplam kök uzunluğu Güneş çeşidinde tavuk gübresi uygulamasından (44.82 km da⁻¹) elde edilmiştir. Gübre uygulamaları içerisinde değerlendirildiğinde yine en yüksek toplam kök uzunluğunun tavuk gübresinden (39.68 km da⁻¹) elde edildiği görülmektedir. Yang vd. (2004) yaptıkları çalışmada organik gübre uygulamalarının kimyasal gübre uygulamasına göre bitki kök uzunluğunu arttırdığı görülmektedir. Ayrıca Ji vd. (2017) yaptıkları çalışma da araştırmamızı destekler niteliktedir.

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin kök yüzey alanı üzerine

Çizelge 2. Organik ve İnorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisi toplam kök uzunluğu ve kök yüzey alanına etkisi
Table 2. The effect of organic and inorganic fertilizer applications on total root length and root surface area of buckwheat plant

Uygulama	Toplam uzunluk km da ⁻¹			Kök Yüzey Alanı m ² da ⁻¹		
	Aktaş	Güneş	Ortalama	Aktaş	Güneş	Ortalama
Tavuk	34.54 B	44.82 A	39.68 a	377.27 B	339.92 C	358.59 a
Solucan	25.22 C	19.81 D	22.52 c	326.01 D	231.86 G	278.93 c
Sığır	25.67 C	20.29 D	22.98 c	262.68 F	197.82 H	230.25 d
Üre	32.68 B	22.87 CD	27.78 b	395.10 A	274.13 E	334.62 b
Kontrol	14.24 E	8.23 F	11.23 d	166.27 I	123.65 J	144.96 e
Ortalama	26.47 a	23.20 a		305.47 a	233.47 b	
EGF ¹ = ÖD	EGF ² = 1.31**	EGF ³ = 2.32**		EGF ¹ = 0.73**	EGF ² = 2.44**	EGF ³ = 4.89**

EGF¹: Çeşitler EGF²: Gübre uygulamaları EGF³: Çeşit x Gübre İnteraksiyonu

etkileri incelendiğinde hem çeşitler arasında, hem gübre uygulamaları arasında hem de gübre x çeşit interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 2). Çeşitler arasında Aktaş çeşidinin Güneş çeşidine kıyasla kök yüzey alanının daha iyi olduğu, gübre uygulamaları arasında tavuk gübresinin diğer uygulamalardan daha iyi olduğu ve çeşit x gübre interaksiyonları arasında ise Aktaş çeşidinde üre uygulamasının daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Organik gübre uygulamasının bitki kök yüzey alanını arttırdığına dair literatürde çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Ji vd. (2017) yaptıkları çalışmada organik kaynaklı gübre uygulamalarının kök yüzey alanını arttırdığı görülmektedir. Ayrıca çeşitler arasında Aktaş'ın daha iyi çeşit olmasının nedeni genotipsel farklılık olabilir. Eissenstat (1997) yaptığı çalışmada bitki türü ve çeşidine bağlı olarak kök yapısının (morfolojisi) değişim gösterebildiğini belirtmiştir.

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin kök hacmi ve kök çapı üzerine etkisine ait ortalama değerler Çizelge 3'de verilmiştir.

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin kök hacmi üzerine etkileri incelendiğinde çeşitler, gübre uygulamaları ve gübre x çeşit interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 3). Çizelge 3 incelendiğinde her iki çeşitte de üre ve tavuk gübresi uygulamaları en iyi uygulamalardır. Örneğin; Baldi vd. (2010) yaptıkları çalışmada araştırma bulguları organik gübre ve kimyasal gübre uygulamalarının kök gelişimini arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, organik gübre uygulamalarının kök hacmini arttırdığına dair literatürde pek çok çalışma vardır (Eissenstat, 1997; Ji vd., 2017).

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisinin kök çapı üzerine etkisi incelendiğinde çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar çıkmazken hem gübre uygulamaları arasında hem de gübre x çeşit interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 3). Farklı çeşit ve uygulamalar altında bitki kökleri farklı çaplarda gelişebilmektedir (Hodge vd., 2009).

SONUÇLAR

Bir bitkinin sağlıklı ve verimli olması için kök sisteminin gelişmiş olması gerekir. Araştırma bulgularımızda Aktaş karabuğday çeşidi kök morfolojik özellikleri Güneş karabuğday çeşidinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulgularımız kök gelişim parametreleri olarak (kök uzunluğu, kök yüzey alanı, kök hacmi ve kök çapı) en iyi sonuçların üre ve tavuk gübresi uygulanan parsellerde elde edildiği belirlenmiştir. Üre ve tavuk gübrelerinin azot içeriği diğer organik gübrelerden daha yüksek içeriktedir. Ayrıca tavuk gübresi de yüksek P içeriğine sahiptir. Dolayısıyla etkili bir kök sistemi için mineral gübre uygulamasına alternatif olarak organik gübre kaynağı olan tavuk gübresi kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Acar R, Güneş A, Topal İ, Gummadov N, (2011). Farklı bitki sıklıklarının karabuğday'da (*Fagopyrum esculentum* Moench.) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 25: 47-51.

Alagöz Z, Yılmaz E, Öktüren F, (2006). Organik Materyal İlavesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 245-254.

Anonim, (2019). <http://www.hurriyet.com.tr/haberleri/gubre-fiyatlari>. Erişim tarihi:26.11.2019

Çizelge 3. Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğday bitkisi kök hacmi ve kök çapına etkisi

Table 3. The effect of organic and inorganic fertilizer applications on root volume and root diameter of buckwheat plant

Uygulama	Kök hacmi (m ³ da ⁻¹)			Kök çapı (mm)		
	Aktaş	Güneş	Ortalama	Aktaş	Güneş	Ortalama
Tavuk	0.0301 A	0.0187 CD	0.0245 ab	0.301 F	0.310 EF	0.305 d
Solucan	0.0250 B	0.0217 BC	0.0234 bc	0.305 F	0.420 AB	0.363 bc
Siğir	0.0240 B	0.0161 D	0.0200 c	0.430 A	0.377 ABCD	0.403 a
Üre	0.0326 A	0.0220 BC	0.0273 a	0.325 DEF	0.364 BCDE	0.345 c
Kontrol	0.0165 D	0.0148 D	0.0157 d	0.361 CDE	0.409 ABC	0.385 ab
Ortalama	0.0256 a	0.0186 b		0.345 a	0.376 a	
EGF ¹ = 0.0010	EGF ² = 0.0015**	EGF ³ = 0.0030**		EGF ¹ = ÖD	EGF ² = 0.022**	EGF ³ = 0.044**

EGF¹: Çeşitler EGF²: Gübre uygulamaları EGF³: Çeşit x Gübre İnteraksiyonu

Baldi E, Toselli M, Eissenstat D, Marangoni B, (2010). Organic fertilization leads to increased peach root production and lifespan. *Tree Physiology* 30: 1373-1382.

Chauhan RS, Gupta N, Sharma SK, Rana JC, Sharma TR, Jana S, (2010). Genetic and genome resources in buckwheat—present status and future perspectives. *Buckwheat* 2: 33-44.

Chen JH, (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. In *International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use* (Vol. 16, p. 20). Land Development Department Bangkok Thailand.

Eissenstat, D.M. 1997. Trade-offs in root form and function. *Ecology in agriculture*: 173-199.

Hayit F, Hülya G, (2015). Karabuğday'ın Sağlık Açısından Önemi ve Unlu Mamüllerde Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 29: 123-132.

Hodge A, Berta G, Doussan C, Merchan F, Crespi M, (2009). Plant root growth, architecture and function. *Plant and soil* 321: 153-187.

Ji R, Dong G, Shi W, Min J, (2017). Effects of liquid organic

fertilizers on plant growth and rhizosphere soil characteristics of chrysanthemum. *Sustainability* 9: 841.

Soyergin S, (2003). Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri.

Su R, Zhou R, Mmadi MA, Li D, Qin L, Liu A, ..., Wu Z, (2019). Root diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.): insights into the morphological, anatomical and gene expression profiles. *Planta* 250: 1461-1474.

Svačina P, Středa T, Chloupek O, (2014). Uncommon selection by root system size increases barley yield. *Agronomy for sustainable development* 34: 545-551.

Wang Z, Ma BL, Gao J, Sun J, (2015). Effects of different management systems on root distribution of maize. *Canadian Journal of Plant Science* 95: 21-28.

Yang C, Yang L, Yang Y, Ouyang Z, (2004). Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. *Agricultural Water Management* 70: 67-81. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.05.003>.

Farklı Yağış Yoğunluğu Altında Su Geçirimi Düşük Toprakta Akış ve Sediment Simülasyonu

Reyhanehsadat MOUSAVIZADEH¹Negar NOURMAHNAD³Sayyed-Hassan TABATABAEI^{2,*}Sinan ARAS⁴¹Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, İran.²Department of Agriculture, Payamenoor University, Tehran, İran.³İran, Department of Agriculture, Payamenoor University, Tehran, İran.⁴International Agricultural Research and Training Center (IARTC), İzmir, Turkey.

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tabatabaei@sku.ac.ir

Geliş tarihi (Received) : 09.03.2020

Kabul tarihi (Accepted): 07.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.700846

Öz

Yağış yoğunluğu ve toprak geçirimsizliğinin, yüzey akış oluşumu ve toprak erozyonunu üzerine etkileri tam olarak anlaşılamamıştır. Bu iki faktör yüzey akışı ve ilişkili olarak sedimenti etkilemektedir. Bu çalışmada, farklı hidrofobiklik seviyeleri altında ve aynı zamanda farklı yapay yağış yoğunluklarına göre yüzey akış ve sediment verimini simüle etmek için "Advanced Hydrological Investigations (AHI)" adlı fiziksel bir model kullanılmıştır. Kumlu tınlı bünyeye sahip bir toprak, beş derece hidrofobiklik elde etmek için farklı yoğunluklarda stearik asit kullanılarak yapay olarak hidrofobikleştirilmiştir. Öte yandan, modelde beş yağış yoğunluğu seviyesi yapay bir yağış olarak kabul edilmiş ve 25 uygulama test edilmiştir. Sonuçlar hidrofobiklik arttığında, yüzey akış hacminde artış, sediment veriminde, derine süzülmede ve suyun havzada toplanma süresinde azalma olduğunu göstermiştir. Ayrıca, toprak geçirimsizlik seviyesinin yükselmesi sediment veriminin düşmesine neden olmuştur. Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında (6,5 gr toprak kaybı), aşırı geçirimsiz topraktan 80 litre/saat yağış yoğunluğu altında 2 gr toprak kaybı olmuştur. Hidrofobik toprakta tortu azalmasının olası açıklaması, organik madde içeriği ile pozitif olarak ilişkili olan hidrofobik işlemlerde agrega stabilitesi olabilir. Yüksek derecede geçirimsiz topraklardaki sediment azalması, kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak yönetimi politikası olarak düşünülebilir.

Anahtar Kelimeler: Hidrofobi, akış katsayısı, derine sızma, toprak yönetimi, kurak ve yarı kurak bölge

Simulation of Runoff and Sediment in a Water Repellent Soil under Different Rainfall Intensity

Abstract

The impact of rainfall intensity and soil water repellence (SWR) on runoff generation and soil erosion are not fully understood. These two factors affect runoff and the related sediment. In this paper, a physical model, "Advanced Hydrological Investigations" (AHI) was employed to simulate runoff and sediment yield under different degree of hydrophobicity level also in respect with different artificial rainfall intensities. A sandy loam soil was artificially hydrophobized using different concentration of stearic acid to achieve five degrees of repellence (hydrophilic as the control). On the other hand, these five levels of artificial rainfall intensity were considered as an artificial rainfall in the model and finally 25 treatments were tested. The results showed an increase in runoff volume, decrease in sediment yield, and decrease in deep percolation volume and decrease in time of concentration by increasing hydrophobicity. The higher SWR level, the lower sediment yield. It was recorded 2 gr soil loss in extreme repellent soil under 80 l/h rainfall intensity in compare with control treatment of this situation (6.5 gr

Reyhanehsadat Mousavizadeh: orcid.org/0000-0002-8735-9379

Sayyed-Hassan Tabatabaei: orcid.org/0000-0001-5483-6186

Negar Nourmahnad: orcid.org/0000-0002-0264-3232

Sinan Aras: orcid.org/0000-0002-7935-9205

soil loss). Possible explanation of sediment reduction in hydrophobic soil, could be aggregate stability in hydrophobic treatments which is positively related with organic matter content. Sediment reduction in higher degree of SWR could be considered as soil management policy in arid and semi-arid region.

Keywords: Hydrophobicity, Runoff coefficient, Deep percolation, Soil management, Arid and Semi-arid region

INTRODUCTION

The process of run-off and the soil erosion is very complex and is affected by many factors. The specifications of rainfall and soil are two primary factors that affected on the production of run-off and soil erosion (Ran et al., 2012). Generally, rainfall intensity is more effective for the generation of runoff and sediment than total amount of precipitation (Jungerius and ten Harkel, 1994). Rainfall intensity is an important factor (Witter et al. (1991). Higher intensity and/or longer duration leads to an earlier runoff production and consequently higher runoff peak which means larger runoff (Wei et al., 2014; Ran et al., 2012; Peng and Wang, 2012; Dos Santos et al., 2017; Chen et al. 2018). Many researchers have studied the effect of rainfall properties on hydrologic response and soil erosion (De Lima, 1990; De Lima et al., 1992, 2003, 2009; De Lima and Singh, 2003, Da silva et al., 2017). In this research, the effect of soil characteristic on runoff and sediment yield was studied to complete later one.

One of the soil characteristics may affect hydraulic and hydrology of soil is "soil water repellency (SWR)" (Dekker et al., 2005; Gao et al., 2018). The influences of SWR on hydrological response evaluated by Zheng et al. (2017), results showed that by increasing SWR degree, infiltration will be decreased. Zheng et al. (2019) evaluated the erosional behavior of soils with artificially induced water repellency. It was investigated that splash erosion is positively correlated to synthetic water repellency and rainfall intensity. Increasing runoff by increasing SWR is a common result of some studies (Ferreira et al., 2016; Gomi et al., 2008b; Keizer et al., 2005; Miyata et al., 2010; Valeron and Meixner, 2010, Mohammadi et al., 2018). However, a research emphasize on positive effect of soil water repellency in some situations (Blanco-Canqui, 2011). This results is because soil structure play an important role controlling water movement and its ability (Arcenegui et al., 2008). SWR may also prevent soil aggregates from breaking down because of slower water infiltration (Bisdorf et al., 1993; Vogelmann et al., 2013). So, both soil aggregate stability (AS) and SWR could regulate

soil physical structure and soil chemical distribution. Our aims were 1) to determine directly the impact of SWR on run-off and sedimentation considering different artificial rainfall intensities and 2) to study the effect of AS in water replant soils.

In order to better define the situation of run-off generation and sediment yield, from water-repellent soils under different artificial rainfall intensities a physical model of a special equipment, named "Advanced Hydrological Investigations" (AHI), was developed. To our knowledge, no laboratory-scale measurements to determine directly the impact of SWR on run-off and sedimentation, considering different artificial rainfall intensities, have yet been conducted in arid and semi-arid region

Due to the importance of soil splash erosion and runoff in arid and semiarid regions, and to evaluate the effect of rainfall intensity on runoff and splash erosion in range of hydrophobic soils, this research was conducted for the first time both artificially hydrophobization soil, and directly assessing, Also AS was determined in water repellent soil as an accurate index in the situation.

MATERIALS AND METHOD

Material

Physical model

To simulate runoff and sediment, physical model of a special equipment named "Advanced Hydrological Investigations" which is schematically shown in Figure 1, was employed. Device specification is available in web page of the Gunt¹ Technology firm. The driving force of the equipment includes an electric pump with the power equal to 0.55 KW. There are eight nozzles that provide sprinkler irrigation with square spraying pattern. The spraying flow is adjusted up to max. 1500 l/hr, by a rotameter underneath the equipment. The required water for spraying is stored in a 220 Litre tank. Working with the equipment is easy, and due to the equipment function, its components can be adjusted or changed. Manometers and sumps are removed from the system.

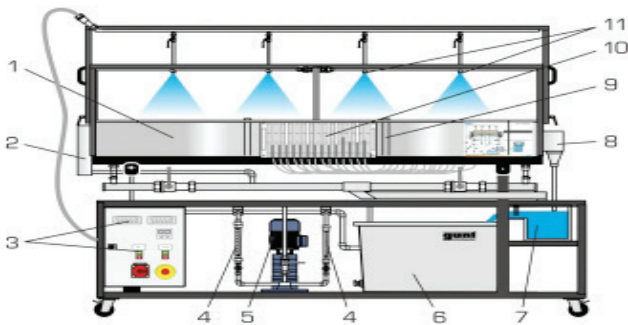


Figure 1. Schematic view of Advanced Hydrological Investigations equipment for the required test (1 experiment tank, 2 chamber, 3 display and control elements, 4 flow meter (supply), 5 pump, 6 storage tank, 7 measuring tank (drain), 8 chamber, 9 well, 10 tube manometers, 11 nozzles of the precipitation device).

Şekil 1. Gerekli test için Gelişmiş Hidrolojik Araştırma ekipmanının şematik görünümü (1 deney tankı, 2 bölme, 3 ekran ve control birimleri 4 sayaç, 5 pompa, 6 tank, 7 ölçüm tankı, 8 bölme, 9 boşluk, 10 tüp manometreler, 11 başlık ve yağış aygıtları).

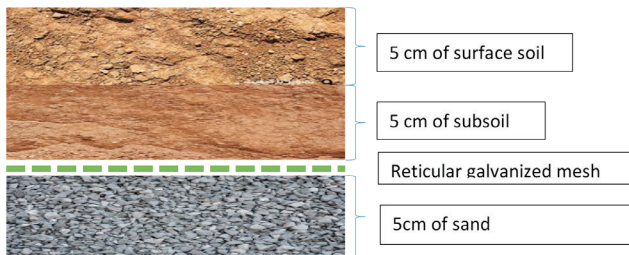


Figure 2. Schematic view from inside the experimental tray
Şekil 2. Deney tablasının içten şematik görünüşü

The equipment consists of a soil tray with 2 m length, 1.2 m width, and 20 cm depth. Due to the 20 cm depth of the tray, the upper 5 cm is considered as the free board space. Five cm of the bottom of the tray was filled by sand in order to facilitate and accelerate the drainage of water (Figure 2). A galvanized mesh is placed on the sand. The upper 5 cm of the 10 cm of soil was considered as the surface soil.

Table 1. Chemical and physical soil analysis

Çizelge 1. Kimyasal ve fiziksel toprak analizi

Soil property	Sand %	Clay %	Silt %	Lime %	Bulk density (g cm ⁻³)	PH	EC ds ⁻¹ m	Organic Matter %
Amount	58	13	29	32	1.7	7.7	8.4	0.584

EC: Electric Conductivity PH: Power of Hydrogen

Table 2. Chemical analysis of water used for the experiment

Çizelge 2. Denemede kullanılan suyun kimyasal ve fiziksel analizi

So ₄ ²⁻ (meq/lit)	HCO ₃ ⁻ (meq/lit)	Mg ⁺ (meq/lit)	Ca ²⁺ (meq/lit)	pH	EC ds ⁻¹ m
0.15	2.2	0.5	1.5	7.5	0.358

EC: Electric Conductivity PH: Power of Hydrogen

The duration of spraying indicates the working time of the equipment and spraying water by the sprinklers. Spraying was done until the water drops reached to the farthest point of the soil tray.

Runoff was volumetrically measured and sampled continuously for sediment concentration. Collected samples were deposited for 24 h, out of water, dried in a forced-air oven at 105°C until constant mass was achieved, and weighed. Specifications of the used soil.

Soil and Water specification

The soil specifications were determined in the laboratory (Table 1 and 2). The texture of the tested soil is sandy loam. The soil type is Aridisols.

Research methodology

The number of treatments of research includes 5 levels of hydrophobicity and 5 levels of rainfall intensity (total of 25=5*5). In following section the theory of each treatment will be described.

Artificially Hidrophobization of soil

To create the homogeneous hydrophobic conditions in the soil with definite physical specifications, the soil is made hydrophobic artificially by the use of stearic acid (C₁₈H₃₆O₂). Stearic acid was chosen because it is a common organic acid in natural soil (Deng and Dixon 2002). Stearic acid is a saturated fatty acid that can deposit on the surface in special conditions (Mojiri and Aliofkhaezrae, 2017). The soil hydrophobicity is done in 5 alternative/ different degrees such as hydrophilic (as the control sample), slight repellency, strong repellency, severe repellency, extreme repellency. The amount of the required stearic acid for different hydrophobic levels was determined by WPDT empirical test (Dekker and Ritesma, 1994), together with trial and error considerations.

Rainfall Intensity

Rainfall is one of the major active agents of soil erosion, its capability to erode soil, i.e. rainfall erosivity is closely related to the rainfall characteristics such as rainfall intensity, duration, kinetic energy etc. (van Dijk et al., 2002). Considering rainfall erosivity factor (EI30), which is defined based on kinetic energy and is acceptable in various regions of Iran (Sadeghi et. al.2011), the maximum rainfall intensity during 30 minutes of an individual storm in cm h-1- (I30) in Shahrekord rain gauge station, analysed in different return periods using an analytical software, Hyfran. According to rotameter adjustment of physical model, maximum rainfall intensity during 30 minutes in 1000 yr return period was intended based on best fitting probability distribution function, PearsonIII. The hydrophobic soil is wetted with artificial rain under various rain intensity in the possible probability occurring levels of 0%, +10%, -10%, +20%, and -20%. Surely it should be mentioned that rainfall intensity of 0% probability occurring level is equal with base rainfall intensity, and in respect to area of tray (1.2 Square meter), base rainfall intensity is about 100 l/h. So, considered treatments of artificial rainfall intensity was 120, 110, 100, 90 and 80 lph.

Shahrekord plain considered as an example of a semi-arid region. The plain is located 32.316 latitude and 50.83 longitude and is situated at elevation 25 meters above sea level. This station is in a semi-arid region, located in Shahrekord the capital city of Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. It is topographically situated in the north of the Zagros Mountains. The annual average temperature in Shahrekord is about 11 °C but the minimum and maximum absolute temperatures recorded in Shahrekord during the last 30 years have been -32 °C and 42 °C. Average precipitation in the region is 329.9 mm. By using the physical model in each treatment, the rate of runoff and sediment can be measured.

Also we used a term of Time of concentration, (TOC)". TOC refer to the time of reaching water drops to the corner of the soil tray in this experiment. The TOC was measured in all the treatments.

Aggregate stability measurement

AS was tested according to WDC (Water Dispersible Clay) method. Rengasamy et al. (1984) develop a general scheme for classifying the dispersive behavior of soil based on a laboratory procedure suitable for routine use. According to this scheme, air dried soil treatments passed through a 2 mm sieve. 4 grams were weighed into a 40 ml transparent jar (10 cm high), care being taken to avoid disturbance of the soil sample. The mixture was left undisturbed for 12 h (overnight). To uniformly mix the suspension, a mechanical stirrer with mid-way stirring at a speed of 90 rev min⁻¹ for 30 min. After an appropriate sedimentation time (Loveday, 1974), the dispersed clay was estimated by pipetting 2.5 ml of the suspension from a depth of 2.5 cm. The clay was measured gravimetrically. The percentage of dispersed clay was expressed on an oven-dried soil basis (Equation 1).

$$WDC = \frac{M_c * V_t / V_{sa}}{m_s} * 100 \quad (1)$$

Where: m_s, V_{sa}, V_t, M_c are residual clay mass in oven dish, total volume of suspension (40 ml), volume of soil sample (2.5 ml) and soil mass (4 gr) respectively.

RESULT AND DISCUSSION

Due to little solubility of stearic acid in water, acetone solution was used as the stearic acid solvent (Heryanto et al., 2007). Acetone is available and cheap in Iranian market. The amount of the required stearic acid estimated for different degree of SWR was determined experimentally by water drop penetration time (WDPT) (test, together with trial and error considerations (Table 3). In compared with other available measurement methods of determining soil water repellency, the WDPT (water drop penetration

Table 3. The amount of the required stearic acid estimated for different degree of SWR

Çizelge 3. Farklı toprak geçirimsizlik dereceleri için tahmin edilen gerekli stearik asit miktarı

Test WPDT (s)	Amount of stearic acid (g Kg ⁻¹ soil)	The degree of SWR
1	0	class 0, wettable (hydrophilic)
30	12	class 1, slight repellency
300	13	class 2, strong repellency
2000	16	class 3, severe repellency
7200	22	class 4, extreme repellency

time) test is used more than any other techniques in any research because it is not expensive and easy to perform in both the field and laboratory. The only measurement equipment is a simple water dropper and a watch (van't Woudt, 1959; Dekker and Jungerius, 1990; Bisdorn et al., 1993; Dekker and Ritsema, 1994). To calculate the WDPT, a droplet of water placed onto the soil surface, and the infiltration time will be recorded (King, 1981). According to general manual (King, 1981), about 20 g soil was used to measure the WDPT. The soil sample was placed into an aluminium Petri dish (70 x 10 mm). A simple water dropper was used and three drops (0.05 mL) of water were dropped carefully onto the prepared soil sample, time of infiltration was recorded. This test will determine the presence of SWR. There is a threshold of 5s to distinguish between wettable and water repellent soils (Bisdorn et al., 1993).

The rate of runoff and sedimentation

The results show that by increasing the hydrophobicity degree, the rate of runoff has increased. In all treatments and also in control sample, volume of runoff increase by increasing rainfall intensity (Figure 3a). But as the level of hydrophobicity increases, the rate of sedimentation in runoff decreases, because the rainfall is quickly repelled by the hydrophobic soil and there is no opportunity to wash the soil particles. The highest time of concentration (TOC) in hydrophobic treatments, was observed in class2 of hydrophobicity and the rainfall intensity of -20% base rainfall intensity (Figure 3b). In hydrophobic treatments, due to SWR, runoff generated immediately. It means that, a soil capacity to store water will be limited in a SWR condition (Kobayashi and Shimizu, 2007). This may result in reduction growth (Figure 3b). On the other hand, as the duration rises, the water and soil will more contacted each other and the accumulated sedimentation rate also increases (Figure3c).

The effect of SWR on runoff evaluated by Miyata et al. (2007) as they showed that SWR of surface soils may result in overland flow and so SWR may cause runoff. Results of Müller et al. (2018) showed that repellency accelerate runoff. Also, some evidences reported that generally water repellent conditions cause more runoff and erosion (Witter et al., 1991, Osborn et al., 1964). Our results satisfy these reports about the

rate of runoff. But, our findings about volume of sediment shows that the rate of sedimentation will be reduced by increasing SWR (Figure4d). Recent research highlighted the positive impact of subcritical soil water repellency on aggregate stability in no-tillage arable farming (Blanco-Canqui, 2011). In addition, SWR reduces the loss of soil water by evaporation (Hallett, 2007, Gupta et al, 2017, Rye and

Smettem, 2017), which might be significant in arid and semi-arid climates. In addition to mentioned studies above, another positive advantageous of SWR should be sediment management under different rainfall intensity in water repellent soil. Water disposal has caused insignificant mixing of water and soil so the rate of sedimentation is also less by increasing the hydrophobicity level in the surface soil, and in fact the soil hydrophobicity does not allow to wash off the soil particles. But sedimentation will be decreased because there is no chance for water drops to remove soil particles. This result may be because of aggregate stability in condition of hydrophobic soil which is in correlate with organic matter content. AS influences several aspects of a soil's physical behavior, in particular water infiltration and soil erosion (Legout et al. 2005). Arcenegui et al. (2008) suggested that the increase in aggregate stability could be related with water repellency.

Soil aggregate stability

Due to the organic matter content of soils correlate with the hydrophobicity index, hydrophobic soils indirectly would present high strength water-stable aggregates and thus greater resistance to disaggregation. A possible explanation of the observed sedimentation in hydrophobic treatments, is analyzing AS. The results of AS test for each treatment, are presented in figures (4) and (5).

The figures show that WDC decreases by increasing degree of hydrophobicity. Kořenková and Matúš (2015) illustrated that gradual increase in AS can be explained by the increase in soil organic matter content and its hydrophobic properties. As it is obvious, adding stearic acid as an organic acid to hydrophobized soil, play the role of rising organic matter. Igwe and Udegbunam (2008) stated that the use of organic matter could be effective in reducing the dispersion of clay.

Also it was mentioned in other researches that in organic matter content (DeBano et al., 1979; the decrease in AS is associated with a decrease Soto et al., 1991). The presence of hydrophobic

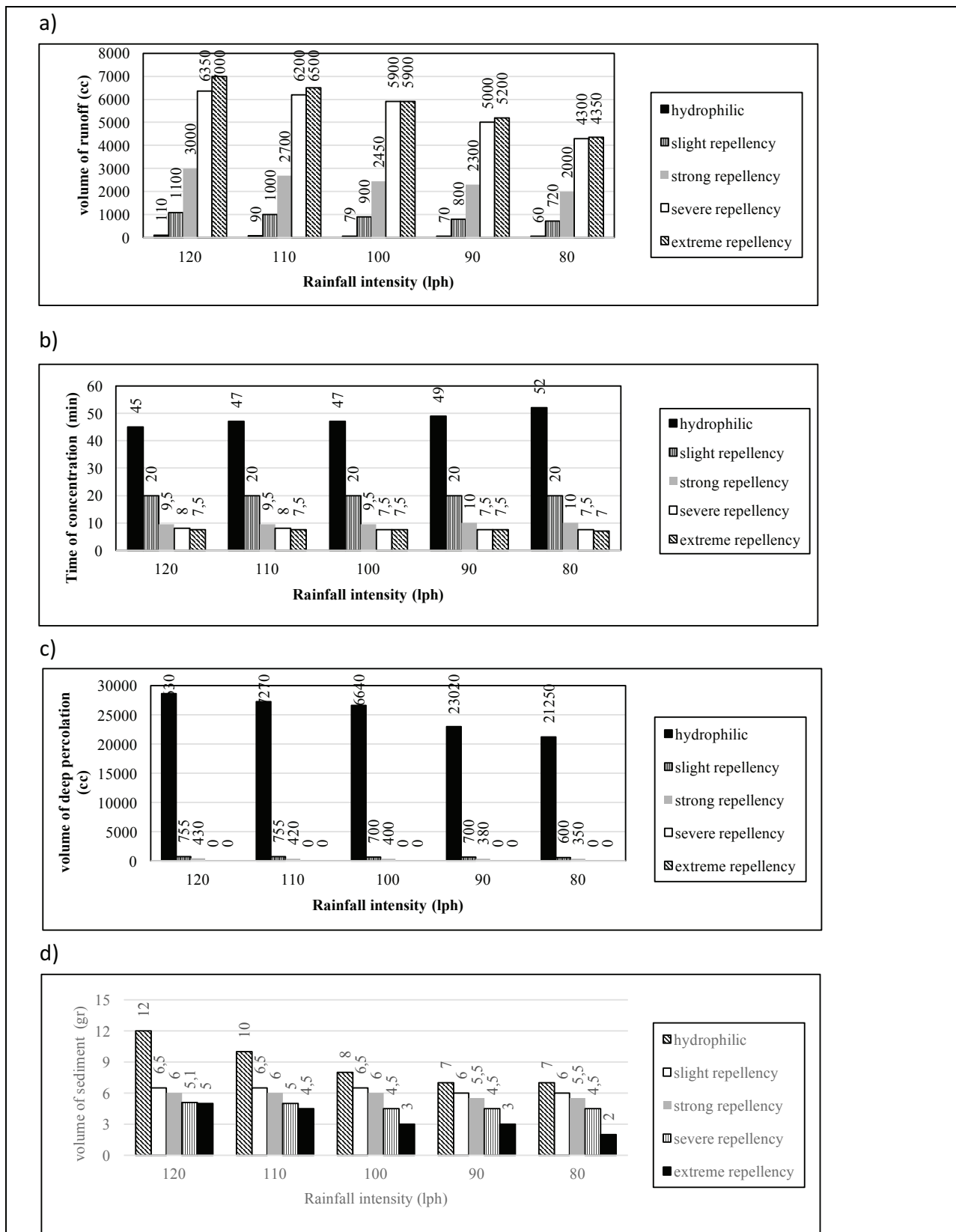


Figure 3. Evaluated value for runoff (a), time of concentration (b) volume of deep percolation (c) and volume of sediment (d)
Şekil 3. Akış için hesaplanan değer (a), sediment verimi (b), derine sızma hacmi (c), sediment hacmi (d)

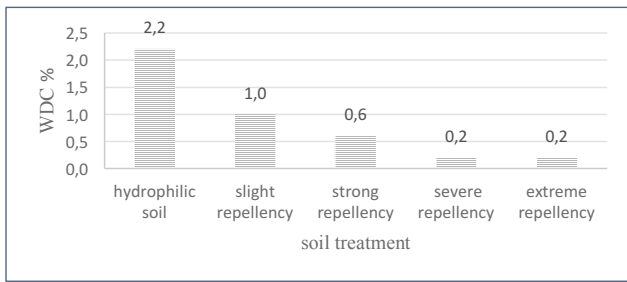


Figure 4. WDC in soil treatment

Şekil 4. Toprak denemesinde suda dağılılabir kil(WDC)

compounds can increase the AS. This has been reported by other authors too (Chenu et al., 2000; Hallett et al., 2001; Mataix-Solera and Doerr, 2004; Arcenegui et al., 2008).

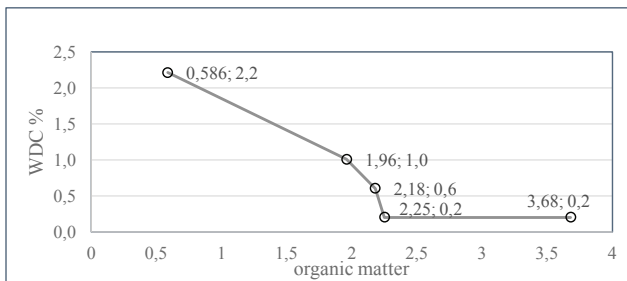


Figure 5. WDC in relation with organic matter

Şekil 5. Organik madde ile suda dağılılabir kil(WDC) ilişkisi

Runoff coefficient

Runoff coefficient has been observed in control treatment (hydrophilic) from 0.08 to 0.1 and in 5.5 to 0.92 in hydrophobic treatment. Soil samples with severely and extremely degree of hydrophobicity, (class3 and class4) are completely acted imperviously and similar to the asphalt surface. In these cases, the runoff coefficient is estimated from 0.8 to 0.92 (Figure 4). So, the more hydrophobicity level, the less soil absorption, the less runoff coefficient.

This observation is a result of water disposal. The TOC in repulsive soil surfaces is significantly less than the TOC in the absorbable soil surfaces. Our findings satisfy the expected hypothesis that soil characteristic control the speed of rainfall drops to move and reach the corner. The reduced TOC in the hydrophilic soil is due to the water disposal in the soil. There is no water absorb, and thus the water moves rapidly to the corners of the tray. The highest TOC observed in the test was related to the intense hydrophobic topsoil. Another factor involved in the TOC is the intensity of rainfall. The lower the rainfall intensity, the longer the TOC. Because it requires more time to reach the water drops to the corners of the tray.

If the surface soil is hydrophilic, then the water will not penetrate into the soil immediately after beginning the rainfall, but it will first be deposited on the soil and then it flows to the lower layers if there were microtopography or macrotopography contours. This water movement is a result of finger flow or preferential flow (Ritsma and Decker, 1994). Generally, water repellent soils which have hydrophobic properties can resist or retard surface water infiltration for periods ranging from a few seconds to hours or days (Doerr and Thomas, 2000). The importance of these effects depends upon the severity and spatial variability of SWR (Ritsema and Dekker, 1994). Also Zheng et al. (2017) found that an increase in soil water repellency reduces infiltration and shortens the time for runoff generation, with the effects amplified for high rainfall intensity. This results satisfy our finding. The increase or decrease percent of each measured parameters in compare with the control treatment is reported in Table 5.

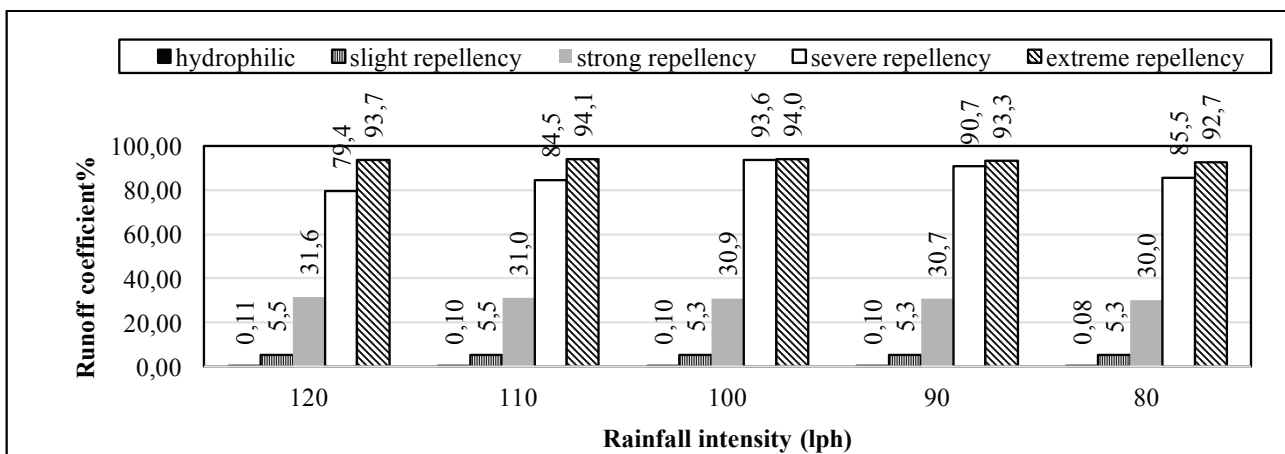


Figure 6. Calculated value of runoff coefficient

Şekil 6. Hesaplanan akış katsayısı değerleri

Table 5. Change percent of measured parameters in compare with the control treatment
Çizelge 5. Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında ölçülen parametrelerin yüzdelik değişimleri

treatment	Artificial rainfall intensity (lph)	Deep percolation (%)	Time of Concentration (%)	Runoff (%)	Sediment (%)
-slight repellency	120	-97.4	-55.6	1000.0	45.8
	110	-97.2	-57.4	1011.1	-35.0
	100	-97.4	-57.4	1039.2	-18.8
	90	-97.0	-59.2	1042.9	-14.3
	80	-97.2	-61.5	1100.0	-14.3
strong repellency	120	-98.5	-78.9	2900.0	-50.0
	110	-98.5	-79.8	2900.0	-40.0
	100	-98.5	-79.8	3001.3	-25.0
	90	-98.3	-79.6	3185.7	-21.4
	80	-98.4	-80.8	3233.3	-21.4
severe repellency	120	-100.0	-82.2	6250.0	-57.5
	110	-100.0	-83.0	6788.9	-50.0
	100	-100.0	-84.0	7368.4	-43.8
	90	-100.0	-84.7	7042.9	-35.7
	80	-100.0	-85.6	7066.7	-35.7
extreme repellency	120	-100.0	-83.3	6900.0	-58.3
	110	-100.0	-84.0	7122.2	-55.0
	100	-100.0	-84.0	7368.4	-62.5
	90	-100.0	-84.7	7328.6	-57.1
	80	-100.0	-86.5	7150.0	-71.4

The negative sign indicates decrease, in compare with the control treatment. According to this table, by increasing the rainfall intensity level; the rate of deep percolation, TOC have and volume of sediment been decreased in compare with the control sample. By increasing the degree of hydrophobicity; the rate of runoff has increased. The highest observed runoff was 7000cc in severe repellency treatment and the rainfall with +20% Probability, means 120lph. However, the minimum volume of runoff observed in control sample in probability level of -20%, 720 cc. Also, the highest observed sedimentation was 12gr in hydrophilic treatment and the rainfall with +20% Probability, means 120lph. However, the minimum volume of sedimentation is 2 gr which is observed in extreme soil repellency treatment in probability level of -20%. This result indicated the more repellency level the less soil loss as sediment. So SWR would be a suitable management method to decrease soil erosion by decreasing volume of sediment concentration.

CONCLUSION

The following finding has been taken from this research:

In control treatment, the TOC depends only on the rainfall intensity and the maximum TOC is 53 minutes (related to the lowest rainfall level (-20% Probability of the base rainfall) and the minimum TOC is also 47 minutes (related to the highest rainfall level (+ 20% Probability of the base rainfall)).

In hydrophobic treatment, due to water repellency, the runoff occurs rapidly, and since the water absorption is negligible, the TOC is shorter than the control sample (hydrophilic soil). In the hydrophilic soil treatments in addition to rainfall intensity, the degree of soil hydrophobicity affects also the rainfall time. The higher the water hydrophobicity, the less TOC.

The less hydrophobicity degree, the less runoff generated. On the other hand, the higher hydrophobicity level, the higher runoff coefficient was observed.

In the hydrophobic soil treatments, the rainfall released into runoff or kept as surface retention. In hydrophobic treatments, except slight and strong repellency, the volume of deep percolation is not observed.

The rate of sedimentation exited along with runoff is decreased by increasing the hydrophobic level. Possible explanation of decreasing sediment yield by increasing soil water hydrophobicity is AS which is because of increasing organic matter content in hydrophobized soil treatment. An advantage of SWR which could be helpful in soil management strategies.

REFERENCES

- Bisdorn EBA, Dekker LW, Schoute JFT (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure, *Geoderma*, 56: 105 – 118.
- Blanco-Canqui H (2011). Does no-till farming induce water repellency to soils? *Soil Use and Management*. 27: 2–9.
- Chen H, Zhang X, Abla M, Lü D, Yan R, Ren Q, Ren Z, Yang Y, Zhao W, Lin P, Liu B, Yang X, (2018), Effects of vegetation and rainfall types on surface runoff and soil erosion on steep slopes on the Loess Plateau, China, *Catena* 170, 141–149.
- Da Silva RM, Santos GCA, dos Santos YG (2017), Evaluation and modeling of runoff and sediment yield for different land covers under simulated rain in a semiarid region of Brazil, *International Journal of Sediment Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsrc.2017.04.005>.
- Dekker LW, Jungerius PD (1990), Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands, *Catena Suppl.*, 18, 173–183.
- Dekker LW, Oostindie K, Ritsema CJ (2005), Exponential increase of publications related to soil water repellency, *Aust. J. Soil Res.*, 43, 403– 441.
- De Lima JLMP (1990). The effect of oblique rain on inclined surfaces: a nomograph for the rain-gauge correction factor. *J. Hydrol.* 115 (1–4), 407–412.
- De Lima JLMP, van Dijk PM, Spaan WP (1992). Splash-saltation transport underwind-driven rain. *Soil Technol.* 5 (2), 151–166.
- De Lima JLMP, Singh VP (2003). Laboratory experiments on the influence of storm movement on overland flow. *Phys. Chem. Earth* 28, 277–282.
- De Lima JLMP, Singh VP, de Lima MIP (2003). The influence of storm movement on water erosion: storm direction and velocity effects. *CATENA* 52 (1), 39–56.
- De Lima JLMP, Tavares P, Singh VP, de Lima MIP (2009). Investigating the nonlinear response of soil loss to storm direction using a circular soil flume. *Geoderma* 152 (1–2), 9–15.
- Deng Y, Dixon JB (2002). Soil organic matter and organic–mineral interactions. In *Soil Mineralogy with Environmental Applications*, Edited by: Dixon, JB and Schulze, DG. 69–107. Madison: Soil Science Society of America. SSSA Book Series No: 7.
- Doerr S H, Thomas AD (2000). the role of soil moisture in controlling water repellency: New evidence from forest soils in Portugal, *J. Hydrol.*, 231– 232, 134– 147.
- Dos Santos JCN, de Andrade EM, Medeiros PHA, Guerreiro MJS, de Queiroz Palácio HA, (2017). Effect of rainfall characteristics on runoff and water erosion for different land uses in a tropical semiarid region. *Water Resour. Manag.* 31 (1), 173–185.
- Frasier GW, Trlica MJ, Leininger WC, Pearce RA, Fernald A (1998). Runoff from simulated rainfall in 2 montane riparian communities. *J. Range Manag.* 51, 315–322.
- Gao Y, Lin Q, Liu H, Wu H, Alamus (2018), Water repellency as conditioned by physical and chemical parameters in grassland soil, *Catena* 160, 310–320.
- Gomi T, Sidle RC, Ueno M, Miyata S, Kosugi K (2008). Characteristics of overland flow generation on steep forested hillslopes of central Japan. *J. Hydrol.* 361, 275–290.
- Igwe CA, Udegbunnam ON (2008). Soil properties influencing water-dispersible clay and silt in an Ultisol in southern Nigeria. *International Agrophysics*, 2; 319-325.
- Jeyakumar P, Müller K, Deurer M, Dijssel C, Mason K, Le Mir G, Clothier B (2014). A novel approach to quantify the impact of soil water repellency on run-off and solute loss, *Geoderma* 221–222, 121–130.
- Jungerius PD, ten Harkel MJ (1994). The effect of rainfall intensity on surface runoff and sediment yield in the grey dunes along the Dutch coast under conditions of limited rainfall acceptance, *CATENA* 23(3-4), 269-279.
- Khaleghpanah N, Shorafa M, Asadi H, Gorji M, Davari M (2016). Modeling soil loss at plot scale with EUROSEM and RUSLE2 at stony soils of Khamesan watershed, Iran. *Catena*, 147, 773–788.
- King PM (1981). Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. *Aust. J. Soil Res.* 19, 275–285.
- Kobayashi M, Shimizu T, (2007). Soil water repellency in a Japanese cypress plantation restricts increases in soil water storage during rainfall events. *Hydrol. Process.* 21, 2356–2364.
- Kořenková L, Matúš P (2015). Role of Water Repellency in Aggregate Stability of Cultivated Soils under Simulated Raindrop Impact. *Eurasian Soil Sc.* 48 (7): 754-758.
- Legout C, Leguédois S, Le Bissonnais Y (2005). Aggre_gate breakdown dynamics under rainfall compared with aggregate stability measurements, *Eur. J. Soil Sci.* 56: 225-237.
- Loveday J (1974). Methods for analysis of irrigated soils. *Commw. Bur. Soils Tech. Commun.* No. 54.
- Leighton-Boyce G, Doerr SH, Shakesby RA, Walsh RPD (2007). Quantifying the impact of soil water repellency on overland flow generation and erosion: a new approach using rainfall simulation and wetting agent on in situ soil. *Hydrol. Process.* 21, 2337–2345.

- Miyata S, Kosugi Ki, Gomi T, Onda Y, Mizuyama T, (2007). Surface runoff as affected by soil water repellency in a Japanese cypress forest. *Hydrol. Process.* 21, 2365–2376.
- Mohammadi S, Homae M, Sadeghi SHR (2018), Runoff and sediment behavior from soil plots contaminated with kerosene and gasoil, *Soil & Tillage Research* 182; 1–9
- Mojiri H, Aliofkhae M (2017). Effect of Surface Roughness on Wetting Properties, *Comprehensive Materials Finishing* (3): 276–305.
- Müllera K, Masonb K, Gastelum Strozzic A, Simpsonb R, Komatsud T, Kawamotod R, Clothier B (2018) Runoff and nutrient loss from a water-repellent soil. *Geoderma* 322, 28–37
- Peng T, Wang S (2012). Effects of land use, land cover and rainfall types on the surface runoff and soil loss on karst slopes in southwest China. *Catena* 90, 53–62.
- Ran Q, Su D, li P, HE Z (2012), Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion, *J. Hydrol.* 424–425 99–111.
- Rengasamy P, Greene RSB, Ford GW, Mehanni AH (1984). Identification of dispersive behaviour and the management of red-brown earths. *Aust. J. Soil Res.* 22: 413-431.
- Rye CF, Smettem KRJ (2017). The effect of water repellent soil surface layers on preferential flow and bare soil evaporation. *Geoderma.* 289: 142-149.
- Sadeghi SHR, M Moatamednia, M Behzadfar (2011). Spatial and Temporal Variation in the Rainfall Erosivity Factor in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13: 451-464.
- Wei W, Jia F, Yang L, Chen L, Zhang H, Yu Y (2014). Effects of surficial condition and rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China. *J. Hydrol.* 513, 115–126.
- Witter JV, Jungerius PD, ten Harkel MJ (1991). Modelling water erosion and the impact of water repellency, *CATENA* 18(2), 115-124.
- Zhang S, Lourenço SDN, J. Cleall P, Chui TFM, KYNg A, W. Millis S (2017), Hydrologic behavior of model slopes with synthetic water repellent soils. *J. Hydrol.* (554), 582-599.
- Zheng S, Lourenço SDN, Cleall PJ, Ng AKY (2019). Erodibility of synthetic water repellent granular materials: Adapting the ground to weather extremes. *Science of the Total Environment*, 689: 398-412

HadGEM2 Küresel İklim Modeli Tahminine Dayalı Konya Kapalı Havzası Olası İçin Tarımsal Kurak Dönemleri

İsmail TAŞ^{1*}Yusuf Ersoy YILDIRIM²¹Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tas_ismail@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 05.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 07.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.806184

Öz

Tarımsal kuraklık, başta canlı hayatı olmak üzere ekonomi ve çevresel sistemler üzerinde ciddi etkiler oluşturabilen en tehlikeli doğal afetlerin başında gelmektedir. Diğer afetlerle karşılaştırıldığında kuraklık, yapısı itibarı ile belirli farklılıklara sahiptir. Özellikle tarımsal kuraklık doğurduğu ciddi sonuçların yanında büyük maliyetlere de neden olmaktadır. IPCC'nin 2014 yılı raporuna göre, Türkiye senaryosunda gelecekte sıcaklıkların artacağı buna karşılık yağışların azalacağı öngörülmektedir. Bu durum dikkate alındığında, ülkemiz genelinde yaşanması muhtemel kuraklık afetlerinin süre ve şiddetlerinin artacağı tahmin edilmektedir. Gelecekte yaşanması muhtemel tarımsal kuraklık dönemlerinin belirlenmesi başta sürdürülebilir tarımsal üretimin yanında diğer tüm üretim alanlarını da etkiler. Yapılan bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası için HadGEM2 küresel iklim modelinde "Temsili Konsantrasyon Senaryosunun (Representative Concentration Pathway - RCP)" iyimser (RCP 4.5) ve kötümser (RCP 8.5) koşullarında 2100 yılına kadar tahmin edilen aylık yağış serilerine Standardize Yağış İndisi (SPI) uygulanmıştır. Çalışmalar sonucunda RCP 4.5 senaryosuna göre 4 adet ortak tarımsal kurak dönem (2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091) belirlenmiştir. RCP 8.5 senaryosuna göre de 5 adet ortak tarımsal kurak dönem (2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097) saptanmıştır. Belirlenen tarımsal kurak dönemlerin havza içerisindeki şiddetlerinin dağılımı, havza şiddet dağılım haritaları ile gösterilmiştir. Konya Kapalı Havzasında yaşanması muhtemel tarımsal kurak dönemlerde oluşacak su açığına karşı gerekli önlemler ivedilikle alınmalıdır. Ayrıca, su yönetimi planlarının hazırlanarak tarımsal üretimde kayıplar en aza indirilmelidir. Kuraklık etkilerinin azaltılmasına yönelik alınacak tedbirler, doğrudan bölge üreticisini katkı sağlarken aynı zamanda da ülke üretimi ve ekonomisini de büyük katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal Kuraklık, SPI, Sulama Suyu, HadGEM2

Possible Agricultural Drought Period of Konya Closed Basin Based on HadGEM2 Global Climate Model

Abstract

Drought is one of the most dangerous natural disasters that can have serious impacts on the economy and environmental systems, especially on living life. When compared with other disasters, drought has many differences with respect to structure. In particular, agricultural droughts cause great costs as well as serious consequences. According to the IPCC report of 2014, Turkey will increase in the future temperature scenarios rainfall is expected to decrease the contrast. When

this situation is taken into consideration, it is estimated that the duration and severity of drought disasters likely to be experienced throughout our country will increase. The determination of agricultural droughts that are likely to occur in the future affects not only sustainable agricultural production but also all other production areas. In this study, the monthly rainfall series estimated up to 2100 under the optimistic (RCP 4.5) and pessimistic (RCP 8.5) conditions of the Representative Concentration Pathway (RCP) in the HadGEM2 global climate model for Konya Closed Basin were used. The obtained monthly rainfall series were analysis with Standardized Precipitation Index (SPI). As a result of the analysis of SPI, it was detected 4 agricultural drought periods (2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 and 2090-2091) for RCP 4.5 scenario. According to RCP 8.5 scenario, it was detected 5 agricultural drought periods (2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097). The severity distribution maps were prepare for the determined agricultural drought periods in the basin. It should be taken precautions in time against the water deficit that will occur in agricultural drought periods which may occur in Konya Closed Basin. In addition, losses in agricultural production should be minimized by preparing water management plans. Measures to be taken to reduce drought effects will directly contribute to the regional producer and contribute to the production and economy of the country.

Keyword: Agricultural drought, SPI, HadGEM2, Irrigation water

GİRİŞ

Tarımsal üretim açısından bakıldığında atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun artışı ve bitki büyüme mevsiminin uzaması daha fazla verim ve gelir demektir ki bu da arzulanan bir durumdur. Ancak, tarımsal faaliyetlerin tamamı (ekim-dikim, kültürle işlemler, hasat gibi), aşırı hava olaylarının sayısının ve şiddetinin artmasına, sıcaklıkların yükselmesine, yağış miktarlarındaki ve rejimlerindeki değişimlerden dolayı büyük oranda olumsuz olarak etkilenmektedir. Tarımsal üretim hali hazırda yüz yüze olduğu, artan gıda ve yenilenebilir enerji talepleri nedeniyle büyük olumsuzluklar/güçlükler içindedir. Aşırı iklim olaylarının sayısı ve şiddetindeki artış, çevre kirliliği ve artan su talebi giderek üretimde kaynak sorunlarına yol açacak ve buna bağlı olarakta sürdürülebilir gıda arzı tehlikeye girerek gıda güvenliği için mücadelesi güç büyük bir tehdit oluşturacaktır.

Tarım ülkemiz için sadece ekonomik değil aynı zamanda da sosyal olarak önemli bir sektördür. Tarım için genel bir tanımla yapılacak olursa, üstü açık büyük bir fabrika olarak nitelendirilebilir. İklim parametrelerindeki ani değişimler başta tarım sektörü olmak üzere tüm ekosistemde büyük etkilere yol açmaktadır. Bunun en önemli nedeni, ani değişimlere karşı bitkilerin savunma kabiliyetleri çok yavaş ve sınırlı olmasıdır. Bilim insanları başta bitki ilahçıları olmak üzere bitkilerin bu sınırlı savunma kabiliyetlerinin gelişmesi için optimum koşulların oluşturulması çabası içerisinde.

Dünyanın tamamında su kıtlılığı, en önemli sorunların başında yer almaktadır. Yaşamdaki tüm faaliyetler az ya da çok suyun miktarı ve kalitesinden etkilenir. Temiz su kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması beraberinde su kaynağı olarak kullanılacak kaynakların dikkatli bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesini de beraberinde getirmektedir.

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 sistemlerle 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 planlama sonuçlarını etkiler (Taş ve Kırnak, 2011).

Kuraklık tüm dünyada olduğu gibi ABD'de de hemen her yıl herhangi bir bölgesinde/ bölgelerinde meydana gelebilmektedir. Ayrıca ciddi ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetler yanı sıra önemli mali kayıplarla da neden olmaktadır. Kuraklık olayı ABD'nin yarı kurak bölgelerinin olduğu batı bölgelerinde daha sık meydana gelebilmektedir. Bu bölge 1980'lerin sonlarından 1990'ların başlarına kadar yoğun şekilde kuraklık yaşadı. 1988 yılında ülkenin geniş kesimlerini etkileyen yoğun ve şiddetli kuraklık, tarım ve

ormancılık başta olmak üzere ulaştırma, enerji üretimi, su temini, turizm, rekreasyon ve çevre konularında olmak üzere çeşitli sektörlerde ciddi etkiler oluşturmuş ve yaklaşık 39 milyar dolarlık bir kaybin oluşmasına neden olmuştur (Riebsame vd., 1991). Ayrıca, diğer ülkelere yapılan ihracatlar azalmış olup sadece mısır ve buğday ihracatından kaynaklanan kayıp 15 milyar dolardan fazla olmuştur. ABD Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA) 1995 yılında yaşanan kuraklığın maliyetinin yıllık 6-8 milyar dolar civarında olduğunu belirtmektedir (FEMA, 1995). Aynı ajans 1995'ten bu yana, ülkenin hemen her bölgesinde kuraklıkların meydana geldiğini, bazı bölgelerde birkaç kez ve ardışık yıllarda tekrarladığını belirtmektedir. ABD'nin doğusunun büyük bölümü 1998-99 yıllarında ciddi bir kuraklık yaşamıştır. Ayrıca, güney doğuda bulunan Florida ve Georgia eyaletleri de 1999-2002 arasında ciddi oranda kuraklık yaşamıştır (Wilhite vd., 2005).

Kuraklığın belirlenmesinde çok sayıda indis ve indikatör bulunmaktadır. Bunların içerisinde gerek kullanım kolaylığı gerekse yorumlanmasındaki kolaylıklardan dolayı SPI en yaygın kullanılan indislerdendir. Tarımsal kuraklık analizlerinde ise Palmer Nem Anomali İndisi (ZIND) ve SPI analizi en yaygın kullanılanlarındandır. Kolay kullanım ve yorumlanması nedeniyle 6 veya 9 aylık SPI analiz sonuçları tarımsal kuraklık yorumlarında en çok tercih edilen yöntemdir (Gürler, 2017).

Konya Kapalı Havzası iklim koşulları dikkate alındığında, ülkemizde üretimi yapılan ürünlerin büyük bölümünün üretildiği bir bölgedir. Havzada yağışa dayalı tarım yapılan alanlarda ağırlıklı olarak hububat üretilmektedir. Sulama suyunun bulunabildiği alanlarda ise endüstri bitkileri, sebze

ve meyve türleri üretilmektedir. Genel olarak havza Türkiye'nin tahıl, bakliyat ve şekerpancarı ambarı olarak nitelendirilmektedir.

Tarım Orman Bakanlığı'nın Konya Kapalı Havzasında 2019-2024 yılları için yapmış olduğu Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesine göre, farklı dönemlerde sulama alanlarında ekonomik değeri maksimize edecek şekilde optimum bitki deseni çalışması yapılmış ve bu desen için ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarları dönemlere göre belirlenmiştir. Sulama suyu ihtiyacı, sulama alanı artışına ve sulama randımanındaki yükselmeye bağlı olarak artış göstermektedir. Tarım sektörü için hesaplanan su verimliliği değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Proje kapsamında farklı dönemlerde sulama alanlarında ekonomik değeri maksimize edecek şekilde optimum bitki deseni çalışması yapıldığından dönemlere göre sulama alanı miktarı arttıkça ekonomik değer de artmaktadır. Tarım sektöründe YAS ve YÜS dahil toplam 4800 hm³'lük su tahsisi ile oluşturulan ekonomik değer 2016 yılında yaklaşık 2,16 milyar TL olarak hesaplanırken, bu değer 2040'da 2.444 hm³'lük su tahsisi ile yaklaşık 4,6 milyar TL mertebesine çıkacağı öngörülmektedir (Anonim, 2019).

Yapılan bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından HadGEM2 küresel iklim modeli kullanılarak RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryolarının çalıştırılmasıyla 2100 yılına kadar beklenen aylık ortalama yağışlardan 6 aylık SPI analizi yapılarak Konya Kapalı Havzası için 2100 yılına kadarki sürede olasılık dahilindeki tarımsal kurak dönemler belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu dönemler, kuraklık şiddet toplamları kullanılarak jeostatistiksel yöntemle alan şiddet dağılım haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır.

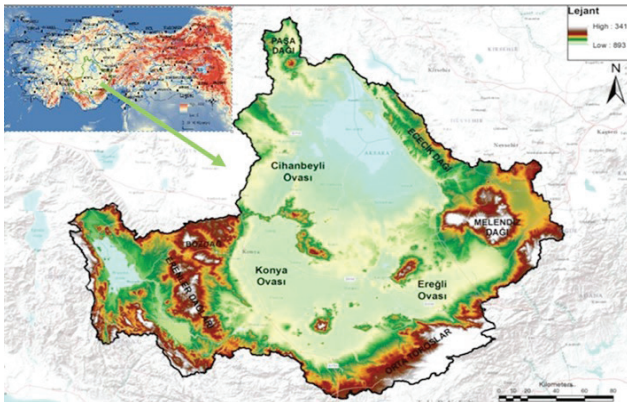
Çizelge 1. Tarım Sektörü Su Verimliliği (TL/m³)

Table 1. Water Efficiency of Agricultural Sector (TL/m³)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2029-2040
Beyşehir- Çarşamba	1.41	1.46	1.51	1.54	1.68	1.73	2.11
Konya-Çumra	0.58	0.62	0.64	0.66	0.79	0.82	1.03
Karaman-Ayrancı	0.47	0.51	0.52	0.53	0.59	0.61	0.76
Ereğli-Niğde-Bor	0.75	0.84	0.87	0.89	0.98	1.02	1.27
Aksaray- Sultanhanı	0.49	0.54	0.56	0.57	0.63	0.66	0.82
Altınekin	0.47	0.49	0.51	0.52	0.57	0.60	0.74
Cihanbeyli- Yeniceoba	0.49	0.54	0.56	0.57	0.63	0.65	0.81
Şereflikoçhisar	0.57	0.62	0.66	0.65	0.70	0.72	0.87
Misli	0.53	0.58	0.60	0.61	0.67	0.69	0.84

MATERYAL METOT**Çalışma alanı ve toprak özellikleri**

Konya Kapalı Havzası; Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve Aksaray, Ankara, Antalya, Isparta, Karaman, Konya, Mersin, Nevşehir ve Niğde illerini tamamını ya da bir kısmını kapsayan bir havzadır. Havza kuzeyden Sakarya ve Kızılırmak, doğudan Kızılırmak ve Seyhan, güneyden Doğu Akdeniz ve batıdan Antalya ve Akarçay Havzaları tarafından çevrelenmektedir. Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık %6.4'ünü kaplayan nehir havzasının toplam alanı 49786 km²'dir.



Şekil 1. Konya kapalı havzasının konumu
Figure 1. Location of Konya closed basin

DSİ verilerine göre bölgede yaklaşık 3 milyon ha tarıma elverişli arazi bulunmaktadır. Mevcut su kaynaklarına ilişkin projelerin tamamen geliştirilmesi ve suyun tasarruflu kullanılması koşulunda ancak bu arazinin 1/3'ünden (1.1 milyon ha) biraz fazlasının sulanabilmesi hedeflenmektedir. Tarıma

elverişli arazinin tamamen sulanabilmesi için ise en az 7 milyar m³ daha suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle havza için hazırlanan raporların büyük bölümünde bölgede yapılacak sulu tarım faaliyetlerinin mutlaka suya göre yapılması önemi üzerinde durulmaktadır. Konya ovası jeolojik formasyonlara bağlı olarak farklı toprak tiplerine sahiptir. Ovanın güneydoğu ve doğusundaki volkanik kökenli arazi üzerinde kalkersiz kahverengi topraklara; ovanın kuzey ve güneyindeki kalkerli sahalarda kırmızı-kahverengi topraklara rastlanır. Ova tabanında ise akarsuların getirmiş olduğu periyodik karakterli alüvyon üzerine alüvyal topraklar; killi ana materyal üzerinde ise yaygın vertisoller; bataklık sahalarda ise yaygın şekilde hidromorfik alüvyal topraklar sıklıkla yer almaktadır (Anonim, 2012).

Araştırma yerinin iklim özellikleri

Konya Havzası karasal bir iklime sahiptir. Yazlar sıcak ve kurak olup kışlar soğuk ve az yağışlıdır. Gündüz-gece sıcaklık farkı yaz aylarında 22 °C'ye kadar ulaşır. Ocak ayında en düşük ortalama sıcaklık -0.1 °C'dir (Çizelge 2). Ortalama en fazla sıcaklık Temmuz ayında 23.3 °C'dir. Yağış açısından havza, heterojen bir yapı sergileyip ortalama 283-766 mm arasında değişim göstermektedir. Havzanın doğusunda 360 mm düzeyine çıkan ortalama yağış, havzanın orta bölgelerinde Karapınar çevrelerinde 300 mm'nin altına kadar (284 mm) düşüş göstermektedir (Şekil 2). Havzanın batı bölümünde yer alan Seydişehir ve çevresinde ise 766 mm'ye kadar yükselmektedir. Havza geneli için ortalama yağış 387 mm olarak kabul edilmektedir.

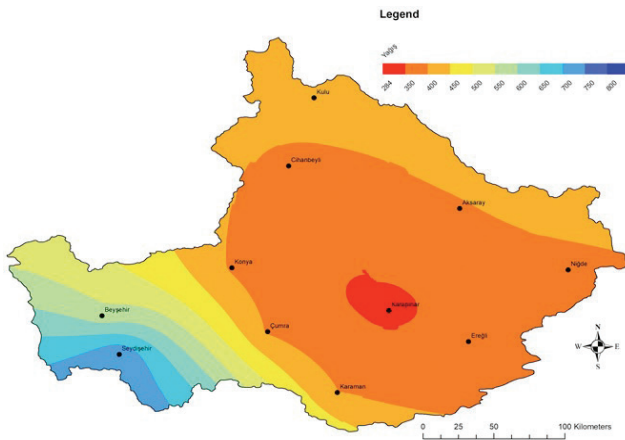
Çizelge 2. Havzaya ait uzun yıllar ortalama sıcaklık, ortalama toplam yağış ve ortalama buharlaşma miktarları (1975-2011)

Table 2. Average temperature, average total precipitation and average evaporation of the basin for Long years (1975-2011)

İstasyon	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												P (mm/yıl)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aksaray	0.8	1.7	6.3	12	16	21	24	24	19	13	7	2.6	345
Beyşehir	-0	0.6	4.8	10	15	19	22	22	18	12	6	1.8	489
Cihanbeyli	-0	0.7	5.2	11	16	20	24	23	18	12	6	1.5	321
Ereğli	0.2	1.3	6.2	12	16	21	24	23	19	13	6	2	306
Karapınar	-0	0.5	5.1	11	16	20	23	23	18	12	5	1.4	284
Konya	0	1	5.6	11	16	21	24	24	19	13	6	1.7	327
Niğde	-0	0.6	5.2	11	15	20	23	23	18	12	6	1.7	332
Seydişehir	0.4	1.1	5.8	11	16	20	24	24	19	13	7	2.3	770
Ulukışla	-2	-1	3.5	8.9	13	18	22	22	17	11	4	0.2	318
Ortalama	-0.1	0.7	5.3	10.9	15.4	20.0	23.3	23.1	18.3	12.3	5.9	1.7	388

Araştırma yerinin su kaynakları

Konya Havzası'nda yer alan akarsuların çoğu havza içindeki kaynak veya göllerden çıkar. Yağışların düzensizliği ve azlığı sebebiyle akarsuların rejimleri düzensizdir. Kış ve ilkbahar aylarında akışa geçen dereler kurak geçen yaz aylarında kurumakta ya da debileri ciddi ölçüde azalmaktadır. Havza'daki önemli akarsular: Çarşamba Çayı, İvriç Çayı, Deliçay, Melendiz Çayı, Uluirmak ve Peçenek Deresi'dir. Konya Havzası'nın kapalı havza olması sebebiyle akarsular ova tabanlarındaki bataklıklarda kaybolur. Tuz Gölü, Çavuşçu Gölü, Beyşehir Gölü, Ereğli Ovası'ndaki Akgöl, Hotamış Bataklığı çevresindeki yükseltilerden kaynağını alan dereler kapalı havza şeklindeki bu alanlara akış gösterirler. Konya ve Ereğli ovalarının çevresindeki yükseltilerden kaynağını alan dereler ovada kaybolur ve göl oluşturmazlar. Konya Havzası'nın en büyük gölleri Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü'dür. Havza içerisindeki düzlüklerde çok sayıda küçük kapasiteli obruk gölleri bulunmaktadır. Havza'nın güneydoğu sınırındaki dağların zirvelere yakın yerlerde ise küçük kapasiteli buzul gölleri mevcuttur.



Şekil 2. Konya havzasında yağışın dağılımı
Figure 2. Distribution of Precipitation in Konya Basin

Küresel iklim modeli

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeli 2 (HadGEM2) kullanarak elde ettiği yağış zaman serileri kullanılmıştır. HadGEM2 küresel iklim modeli, ortak bir fiziksel çerçeve ile farklı karmaşıklık seviyeleri içeren özel model yapılandırmalarının bir dizisini içermektedir (Demircan vd., 2014). HadGEM2 ailesi, birleştiğinde atmosfer-okyanus yapılandırmasını ve/veya dinamik bitki örtüsü, okyanus biyoloji ve

atmosferik kimyasıyla Dünya-Sistem yapılandırması ve iyi bir çözümle stratosferin dâhil olduğu atmosferdeki bir dikey uzantısını içerir. Standart atmosferik bileşeni, 1.875° boylam ve 1.25° enlem aralığı ile yatay çözünürlüğünden meydana gelen 192 x 145 grid hücresinden oluşan küresel bir grid (karelaj) yapısı ve yaklaşık 40 km yüksekliğe uzanan 38 seviyeye sahiptir (Demircan vd., 2017).

Tarımsal kuraklığın belirlenmesi

Bitkinin büyüüp gelişmesi için gerekli olan suyun kök bölgesinde yeteri kadar bulunmaması tarımsal kuraklığı ifade etmektedir. Özellikle büyüme periyodu boyunca, bitkinin suya en hassas olduğu dönemde bitki için toprakta yeterli nemin olmadığı koşulda tarımsal kuraklık oluşmaktadır (Wilhite ve Glantz, 1985).

Toprak nemi koşulları, nispeten kısa bir zaman diliminde yağış anomalilerine cevap verir. Yeraltı suyu, akarsu ve rezervuar depolama uzun vadeli yağış anomalilerini yansıtır. Bu nedenle, örneğin, meteorolojik kuraklık için 1 veya 6 aylık bir SPI; tarımsal kuraklık için 1 ila 6 aylık bir SPI ve hidroloji kuraklık için 6 -24 ay (veya daha fazla) SPI analizi iyi sonuçlar verebilir (WMO, 2012). SPI aşağıdaki eşitlik 1'den yararlanılarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993).

$$\hat{Z}(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W(X_i)Z(X_i)}{\sum_{i=1}^N W(X_i)} \quad (1)$$

Eşitlikte SPI: Standardize Yağış İndisi; X_i : Mevcut Yağış; X_j Ortalama Yağış ve σ : standart sapma

SPI analizi kuraklık ve nemlilik sınıflandırmasının sınır değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, kurak dönemler şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. SPI Kuraklık/Nemlilik sınıflandırması (McKee vd., 1993)
Table 3. SPI Drought / Humidity classification (McKee vd., 1993)

Standart Yağış İndisi	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1 - 1.49	Orta düzeyde nemli
0.5 - 0.99	Normale yakın nemlice
-0.499 - 0.499	Normal
-0.5 - -0.99	Normale yakın kurakça
-1 - -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 - -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

Çalışmada, havza genelinde etkili olan kurak periyotlar belirlenmiş ve söz konusu periyotlar kurak periyot olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle dikkate alınan istasyonların kurak dönemlerinin havzadaki diğer istasyonlarla benzerliği dikkate alınmıştır. Noktasal istasyonların kuraklıkları, havzanın genelini yansıtmadığı için dikkate alınmamıştır.

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.

Haritaların hazırlanmasında Uzaklığın Tersine ile Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting - IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. IDW, enterpolasyon yöntemi olarak iklim parametrelerinin işlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Yöntemin temeli iki nokta arasındaki ilişkinin ve benzerliğin, aradaki uzaklıkla orantılı olduğu kabulüne dayanır (Aydın ve Çiçek, 2013). Yöntem, araştırılan nokta değerinin yakınındaki bilinen nokta değerlerine daha benzer olacağını kabul etmektedir. Bu varsayımdan yola çıkarak bilinmeyen noktalara yakın olan bilinen noktaların, tahmin edilecek noktanın değeri üzerine daha yüksek etkiye (ağırlığa) sahip olacağı anlaşılmaktadır. IDW yönteminde her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına ters oranda ağırlık değeri almaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Diğer bir ifadeyle bilinmeyen noktanın tahmininde; bilinen noktaların yakın olanlarına daha yüksek oranda ağırlığı olurken uzak olanların ise daha düşük bir ağırlıkta temsili söz konusudur (Franke ve Nielson, 1980; Kale, 2018). Bu nedenle IDW, bilinmeyen mekansal yağış verilerini, bilinmeyen bölgeye bitişik yerlerin bilinen verilerinden tahmin etmek için kullanılabilir (Li ve Heap, 2008;

Goovaerts, 2000). IDW formülleri aşağıdaki eşitlik 2 de verilmiştir. Ayrıca, yöntemde kullanılan ağırlıklandırma eşitlik 3'de verildiği gibidir.

$$\hat{Z}(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W(X_i)Z(X_i)}{\sum_{i=1}^N W(X_i)} \quad (2)$$

$$W(X_i) = \left(\frac{1}{d_i}\right)^P \quad (3)$$

Eşitliklerde; $W(X_i)$ i'inci bilinen konumdaki ağırlığı, $Z(X_i)$ i'inci konumdaki bilinen örnek noktası değerini, N ölçüm noktası sayısını, d örnek noktası ve tahmin noktası arasındaki mesafeyi ve p üstel güç katsayısını ifade etmektedir (Ahrens, 2006).

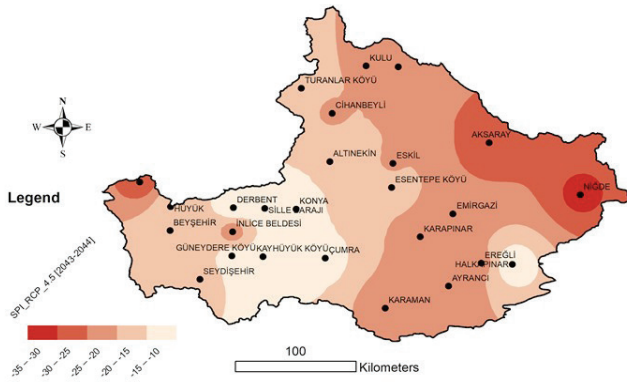
BULGULAR VE TARTIŞMA

RCP 4.5 İklim senaryosuna göre tarımsal ortak kurak dönemler

RCP 4.5 İklim senaryosuna göre şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alındığında havzada dört adet ortak kurak dönem belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla 2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091 yıllarını kapsamaktadır. En şiddetli ve uzun olanı da 2046-2047 yıllarını kapsayan ortak kurak dönemdir.

2043-2044 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem yaklaşık iki yıllık süreyi kapsamaktadır. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 3'den de görüleceği gibi, bu tarımsal ortak kurak dönem havza içerisinde dalgalı bir yapı göstermektedir. Havzanın doğusundaki Niğde ve Aksaray çevrelerinde kuraklık şiddet toplamı -35 seviyelerine kadar yükselmektedir. Söz konusu bölgeler, tarımsal kuraklığın bu devre için en şiddetli yaşanacağı bölgeler olarak öngörülmektedir. Öte yandan Kulu, Cihanbeyli, Eskişehir, Emirgazi, Karapınar, Ayrancı ve Karaman çevreleri de büyük ölçekte kuraklık şiddetler toplamı -25 seviyelerine varan bir kuraklığın oluşacağı belirlenmiştir. Bu dönemdeki tarımsal kuraklıktan en az etkilenecek bölgeler ise Ereğli, Konya, Dereben, Çumra ve Kayahöyük istasyon çevreleridir. Söz konusu bölgede kuraklık şiddetleri toplamı -10 seviyelerine kadar düşmektedir.

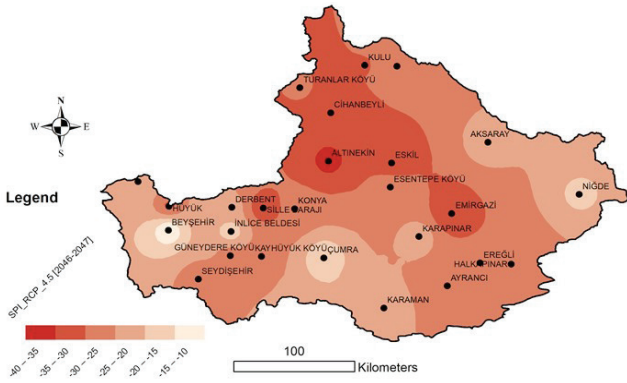


Şekil 3. RCP 4.5 senaryosuna göre 2043-2044 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 3. Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2043-2044 period

2046-2047 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem bir önceki dönem gibi yaklaşık iki yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 4'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgalı bir yapı göstermektedir. Bir önceki kurak dönemin aksine havzanın doğusundaki Niğde ve Aksaray çevrelerinde daha düşük şiddette (kuraklık şiddet toplamları -15) bir tarımsal kuraklık oluşması öngörülmektedir. Havzanın kuzey ve orta kuzey bölgeleri (başta Altınekin olmak üzere Kulu, Cihanbeyli, Eski ve Emirgazi) kuraklıktan en fazla etkilenecek bölgeler olarak saptanmıştır. Söz konusu bölgelere kuraklık şiddet toplamı -40 seviyelerine kadar yükselmesi beklenmektedir. Havzanın büyük bölümünde kuraklık şiddeti toplamı -25 seviyesinde tarımsal kuraklık olacağı öngörülmektedir. Kuraklığın en az etkileyeceği alan Beyşehir çevresi olarak saptanmıştır.



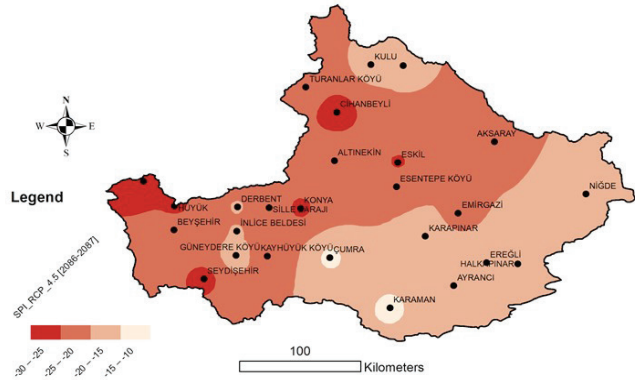
Şekil 4. RCP 4.5 senaryosuna göre 2046-2047 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 4. Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2046-2047 period

2086-2087 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de yaklaşık iki yıl süreceği tahmin edilmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 5'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde kademli bir değişim sergilemektedir.

Havzanın doğusundaki Niğde ve güneyinde yer alan Karapınar, Ereğli, Çumra (Çumra en az etkilenecek bölge) ve Karaman çevreleri yanı sıra Kula ve Dere köy kuraklığın en az etkileyeceği bölgelerdir. Söz konusu bölgelerde kuraklık şiddeti toplamı -15'in altındadır. Buna karşılık Cihanbeyli, Eski, Konya, Hüyük, ve Seydişehir istasyon çevrelerinde kuraklık şiddet toplamı -30'lara kadar yükselmektedir. Söz konusu bölgeler bu kurak devrede kuraklıktan en fazla etkilenecek alanlar olarak belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen bölgelerin dışında kalan alanlar da ise kuraklık şiddetleri toplamı -25 'in altında olacak şekilde kuraklıktan etkileneceği öngörülmektedir.



Şekil 5. RCP 4.5 senaryosuna göre 2086-2087 ortak tarımsal kurak dönem

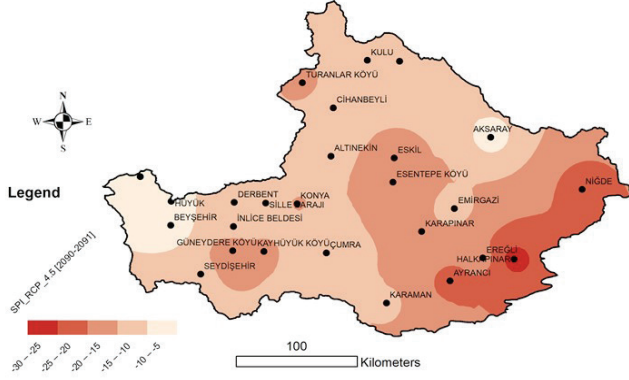
Figure 5. Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2086-2087 period

2090-2091 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de yaklaşık iki yıl süreceği tahmin edilmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 6'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif bir dalgalı yapı sergilemektedir. Havzanın doğusundaki Niğde ve güneyinde yer alan Ereğli (en fazla etkilenecek bölge) ve Ayrancı çevreleri kuraklığın en fazla etkili olacağı bölgeler olarak belirlenmiştir.

Söz konusu bölgelerde kuraklık şiddeti toplamı -30'lara kadar yükselmektedir. Buna karşılık

Eskil, Esentepe köyü ve Karapınar çevreleri anılan bölgelere göre daha az etkilenmesi beklenilmektedir. Anılan bölgelerin kuraklık şiddetleri toplamı -20 seviyesindedir. Bu kuraklık devrede en az etkilenecek bölgeler Aksaray ve Beyşehir çevreleri olacağı öngörülmektedir.



Şekil 6. RCP 4.5 senaryosuna göre 2090-2091 ortak tarımsal kurak dönem

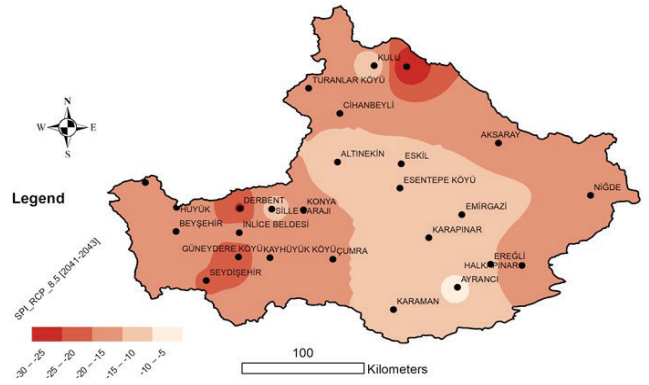
Figure 6. Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2090-2091 period

RCP 8.5 İklim senaryosuna göre tarımsal ortak kurak dönemler

RCP 8.5 İklim senaryosuna göre şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alındığında havzada beş adet ortak kurak dönem belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla 2041-2043, 2060-2062, 2072-2074, 2092-2094 ve 2095-2097 yıllarını kapsamaktadır. En şiddetli olanı da 2072-2074 yıllarını kapsayan ortak kurak dönemdir.

2041-2043 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 7'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgalı bir yapı göstermektedir. Havzanın orta bölümündeki Altınekin, Eskil, Esentepe Köyü, Emirgazi, Karapınar, Halkapınar Karaman ve Ayrancı (en az etkilenecek) bölgeleri olup kuraklık şiddetleri toplamı -15 seviyesindedir. Ereğli, Niğde Aksaray, Çhanbeyli, ve havzanın batı bölümünün büyük bölümünde kuraklık şiddetleri -20 seviyesine kadar yükselmektedir. Tarımsal kuraklığın en fazla hissedileceği bölge Kula ve çevresi (şiddetler toplamı -30) ile Derbent ve Seydişehir (kuraklık şiddet toplamı -25) çevreleridir.

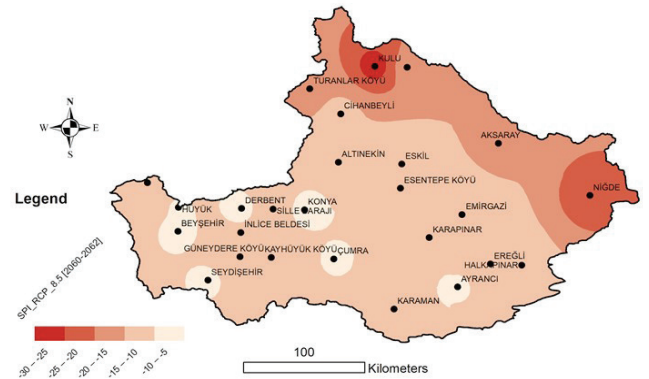


Şekil 7. RCP 8.5 senaryosuna göre 2041-2043 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 7. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2041-2043 period

2060-2062 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönemin de yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 8'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havzanın büyük bölümünde homojen sayılabilecek bir dağılım sergilemektedir. Havzanın kuzeyindeki Kula ve doğusundaki Niğde istasyonları kuraklığın en şiddetli yaşanacağı (şiddetler toplamı -30 seviyesine kadar yükselmektedir) öngörülmektedir. Konya, Derbent, Beyşehir, Seydişehir, Çumra ve Ayrancı istasyon çevreleri havzanın diğer bölgelerine göre kısmen daha az şiddette tarımsal kuraklık yaşamaları öngörülmektedir. Öte yandan havzanın diğer kalan bölgelerinde kuraklık şiddet toplamı -15 seviyesinin altında bir tarımsal kuraklık yaşamaları öngörülmektedir.



Şekil 8. RCP 8.5 senaryosuna göre 2060-2062 ortak tarımsal kurak dönem

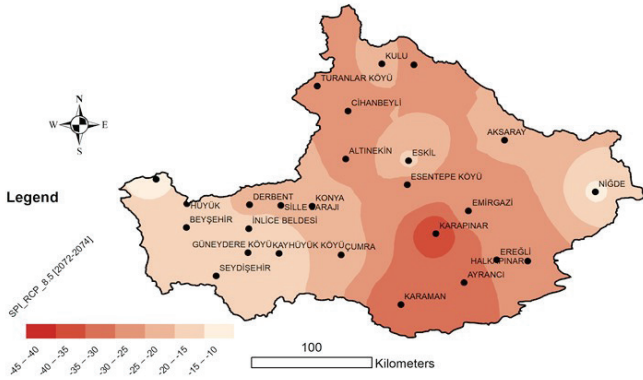
Figure 8. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2060-2062 period

2072-2074 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 9'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde dalgali bir yapı göstermektedir. Havzanın güneyindeki Karapınar (en şiddetli), Ayrancı ve Karaman istasyon çevreleri tarımsal kuraklığı en şiddetli seviyede (şiddet toplamı -45 seviyesine kadar yükselmekte) yaşayacağı öngörülmektedir. Havzanın doğusunda Niğde ve batı bölümündeki Hüyük, Beyşehir, İnce Beldesi, Dereköy ve Seydişehir çevreleri tarımsal kuraklıktan diğer bölgelere göre daha az etkileneceklerdir (şiddetler toplamı -15). Havzanın geri kalan bölümünde ise kuraklık şiddet toplamı -30 seviyelerine kadar yükselmektedir.

2092-2094 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 10'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde kısmen homojen bir dağılım göstermektedir. Havzanın batısındaki Derbent, Sille barajı, Konya, Güneydere köyü, İnce beldesi ve Seydişehir çevrelerinin yanı sıra Ereğli, Kula ve Turnalar köyü istasyon çevrelerinde tarımsal kuraklık en fazla etkili olacaktır (şiddetler toplamı -25). Cihanbeyli, Altınekin, Eski ve Karaman çevreleri tarımsal kuraklıktan en az etkilenecek bölgelerdir (şiddetler toplamı -10). Geriye kalan bölgelerde ise tarımsal kuraklık şiddet toplamı -20 seviyelerinde oluşturacağı öngörülmektedir.

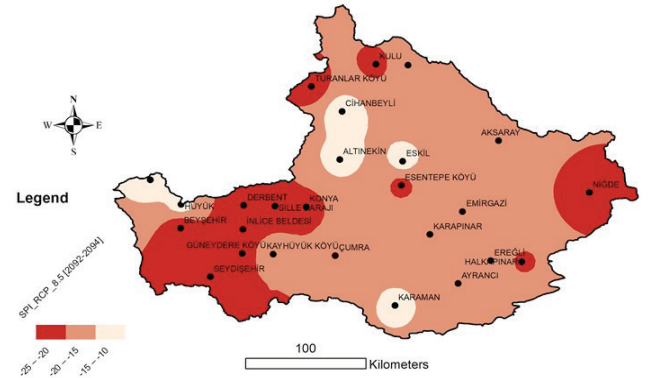


Şekil 9. RCP 8.5 senaryosuna göre 2072-2074 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 9. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2072-2074 period

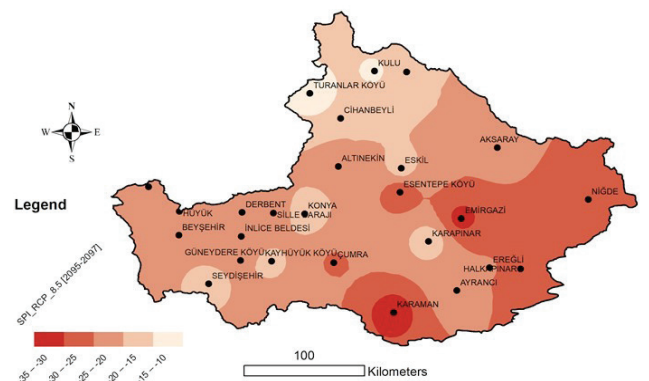
2095-2097 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 11'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgali bir yapı sergilemektedir. Havzanın doğusundaki Niğde, Ereğli'nin yanı sıra özellikle Karaman ve Emirgazi çevrelerinde tarımsal kuraklık şiddet toplamı yaklaşık -35 seviyelerine kadar yükselmektedir. Havzanın kuzeyinde yer alan Kula ve Turnalar köyü çevresinde tarımsal kuraklık şiddet toplamı -10 seviyesine kadar düşüş göstermektedir. Sayılanların dışında kalana bölgelerde ise -15 seviyelerine bir kuraklığın oluşacağı öngörülmektedir.



Şekil 10. RCP 8.5 senaryosuna göre 2092-2094 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 10. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2092-2094 period



Şekil 11. RCP 8.5 senaryosuna göre 2095-2097 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 11. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2095-2097 period

SONUÇLAR

Küresel boyutta iklimsel dalgalanmaların yaşandığı günümüzde, yaşamın en temel ögesi

Çizelge 4. Konya Kapalı Havzası Sulama Suyu İhtiyaçları
Table 4. Irrigation Water Requirement of Konya Closed Basin

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2029	2040
Sulama Alanı (bin ha)	900	904	919	928	957	962	970	970
Ortalama Randıman %	59	61	63	64	70	72	88	88
Sulama Suyu İhtiyacı (hm ³)	4553	4464	4644	4565	4268	4160	4615	4615

olan suyun, deniz, kara ve hava arasındaki çevrim ve bu çevrimde meydana gelen değişikliklerin, ekonomik pek çok sektörde, toplumda ve çevrede önemli ve geniş çaplı etkilere sahip olduğu geniş çevrelerce kabul edilen bir gerçekliktir. Örneğin pek çok kara ve su ekosistemlerinin özellikleri, belirgin bir biçimde suyun mevcudiyeti ile değişkenlik göstermektedir. Su, canlı yaşamı faaliyetlerin ayrılmaz bir parçasıdır. Bununla beraber, temiz suyun mevcudiyeti ekonomik kalkınmayı da etkiler. Bunun en çarpıcı örneği tarımdır.

Konya Kapalı Havzası için 2100 yılına kadarki olası ortak tarımsal kurak dönemler belirlenmiştir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091 yılları olmak üzere 4 adet ortak tarımsal kurak dönem saptanmıştır. RCP 8.5'e göre ise 2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097 yılları olmak üzere 5 adet ortak tarımsal kurak periyotlar olarak belirlenmiştir. Bunların dışında noktasal kurak dönemler zaman zaman oluşmakta ancak bunlar havzanın genelini yansıtmadığı için dikkate alınmamıştır.

Tarım Orman Bakanlığı'nın Konya Kapalı Havzası için 2019-2024 yılları için yapmış olduğu Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesine göre, Konya Kapalı Havzası'nda mevcut durumda 890 bin ha alan sulanmaktadır. Bu alanın 2025 yılına kadar 969 bin ha'ya çıkarılması planlanmaktadır. 2019-2040 döneminde sulama alanı ve ortalama randıman değerlerindeki değişim ve buna bağlı olarak hesaplanan sulama suyu ihtiyaçları aşağıdaki Tablo 4'de verildiği şekilde öngörülmüştür (Anonim, 2019). Çalışma sonunda belirlenen kurak dönemlerde gerek mevcut tarımsal üretimin korunması gerekse yukarıda belirtilen söz konusu planlamaların aksamadan hayata geçirilmesi için şimdiden gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışma sonunda belirlenen kurak dönemlerde gerek mevcut tarımsal üretimin korunması, gerekse yukarıda belirtilen söz konusu planlamaların

aksamadan hayata geçirilmesi için şimdiden gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda her iki senaryo sonuçlarına göre olasılık dahilinde görülen kurak dönemlerin de dikkate alınması sürdürülebilir üretim ve büyüme için önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle yağışa dayalı tarımın yapıldığı alanlarda toprak neminde meydana gelecek su açığına karşı gerekli tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Belirtilen dönemlerde kuraklığa dayanıklı tür ve çeşitlerin yanı sıra, az sulama suyu ihtiyacı olan bitkilerin üretiminin desteklenmesi, söz konusu kurak periyotlar için hem üretici hem de ülke ekonomisi açısından büyük önem arz etmektedir. Öte yandan ülkesel boyutta doğru tarımsal destek politikalarının oluşturulması ve özellikle su kaynağı sınırlılıklarını da dikkate alan bir destek politikasının geliştirilmesi, sürdürülebilir üretim politikası için büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, kurak dönemlerde ve sonrasında oluşacak su krizine karşı gerekli önlemlerin alınması ve su yönetimi planlarının hazırlanması havza için hayati öneme sahiptir. Karar vericilerin söz konusu yaşanacak kuraklıkların etkilerinin azaltılması başta olmak üzere, sürdürülebilir canlı yaşamı ve tarımsal üretim için gerekli iş ve işlemleri gerçekleştirmesi için gerekli çalışmaları bu günden başlatması gerekmektedir.

Jeoistatistiksel yöntemde IDW metodu kullanılarak şiddet dağılım haritaları yapılmıştır. Havza içerisinde söz konusu tarımsal kurak devrelerin şiddetinin havza içerisinde nasıl bir dağılım gösterdiği ve ağırlıklı hangi bölgelerin ne şiddette etkileneceği saptanmıştır. Bu bilgiye bağlı olarak alınması gereken önlemlerin düzeyi ve de ağırlığı bu bilgiler yardımıyla daha gerçekçi ve çözüm odaklı olabilir.

KAYNAKLAR

Ahrens B (2006). Distance in spatial interpolation of daily rain gauge data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(2), 197- 208.

Anonim (2012). Faaliyet Raporu 2012. T.C. Orman ve Su

İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

Anonim (2019). Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesi (2019-2024). Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Beştepe Mahallesi, Alparslan Türkeş Cad. No:71, Yenimahalle/Ankara

Aydın O, Çiçek İ (2013). Ege bölgesindeki yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11 (2), 101-120.

Başkan O (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması, Doktora Tezi, AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Ankara.

Delhomme JP (1978). Kriging in the Hydrosiences. *Advances in Water Resources*, 1(5): 251-266.

Demircan M, Arabacı H, Gürkan H, Eskioğlu O, Coşkun M (2017). Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, *Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi* (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara

FEMA (1995). National mitigation strategy. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

Franke R, Nielson G (1980). Smooth interpolation of large sets of scattered data. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 15, 1691-1704.

Goovaerts P (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.

Gürler Ç (2017). Beyşehir ve Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzalarında Standartlaştırılmış İndis Yaklaşımı İle Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. Uzmanlık Tezi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara

Isaaks EH, Srivastava RM (1989). An Introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New Yourk, p. 561

Kale MM (2018). Yeşilirmak Havzası Mekânsal Yağış

Dağılımına ait Değişiminin Deterministik ve Stokastik Yöntemlerle Belirlenmesi. *Yerbilimleri*, 2018, 39 (3), 263-276.

Li J, Heap AD (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. Geoscience Australia, Canberra, 2008.

McKee T, Doesken N, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology (s. 179-184). Anaheim, California: American Meteorological Society.

Olea RA (1977). Measuring spatial dependence with semivariograms. *kansas geological survey, series on spatial analysis*, No. 3, Lawrence, Kansas. p. 122

Riebsame W.E., Changnon S.A., Karl T.R., 1991. Drought and Natural Resources Management in the United States: Impacts and Implications of the 1987-89 Drought. Westview Press, Boulder, CO.

Taş İ, Kırnak H (2011). Yarı kurak iklim bölgelerinde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilir 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

Wilhite D, Glantz M (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* (10), 111-120.

Wilhite DA, Svoboda MD, Hayes MJ (2005). Monitoring Drought in the United States: Status and Trends. Monitoring and Predicting. *Agricultural Drought: A Global Study*. Ed. Vijendra K. Boken, Arthur P. Cracknell, Ronald L. Heathcote. Published by Oxford University Press, Inc. 198 Madison Avenue, New York, New York 10016

WMO (2012). Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization.

Atık Su ile Sulanan Mısır Bitkisinde Makro ve Mikro Element ve Ağır Metal Birikimi

Şerife ÇAY^{1,*}

Rıza KANBER²

¹Toprak su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Konya

²Çukurova Üniversitesi Ziraat F., Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana

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

Geliş tarihi (Received) : 08.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 30.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.807495

Öz

Bu çalışmanın amacı, günümüzde artan kentleşmeye bağlı olarak deşarjı da artan atık suların arıtılarak ve seyreltilerek bitkisel üretimde yeniden değerlendirilmesine yöneliktir. Denemede kullanılan sularla yetiştirilen mısır bitkisinin farklı organlarında N, P, K, Ca, Mg gibi makro elementler ile Fe, Cu, Zn, Mn gibi iz elementleri ve Pb, Ni, Cd ve B gibi ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Arıtma tesislerinin hizmete girmesiyle marinal suların tarımda kullanım seçeneğinin getireceği olumlu olumsuz etkilerin incelenmesi yapılmıştır. Ancak, tuzluluk kontrolü, mikrobiyolojik arıtım ve ağır metal arıtımı yapılmadan, atık ve atık su kaynaklı karışımların kullanılması, toprakların çoraklaşmasını ve mikrobiyal kirlenme oranını ve kirlenmenin sürekliliğini önemli ölçüde etkileyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel atık su, atık su kaynaklı sular, Konya, mısır (*Zea mays*), bitki analizleri, ağır metaller

Heavy Metal Accumulation with Macro and Micro Elements in Maize Plant Irrigated by Wastewater

Abstract

In this study, wastewater based on today's increasing urbanization, the increasing discharge of it, by treatment and mixing equal amounts for reuse in agricultural production have been assessed. The conclusion has been reached that maize can be grown using waste water in agriculture but significantly would affect without controlling of the heavy metal treatment. Macro elements such as N, P, K, Ca, Mg, trace elements such as Fe, Cu, Zn, Mn, and heavy metals such as Pb, Ni, Cd and B were analyzed on different organs of the maize plant grown with the water used in the trial. Upon entering service of treatment plants the positive and negative effects of waste waters in agriculture were examined. It was concluded that the use of waste and wastewater-derived mixtures would significantly affect the wasteland of soils and the rate of microbial contamination and the continuity of contamination

Keywords: Urban waste water, waste water source water, Konya, maize (*Zea Mays*), plant analysis, heavy metals.

GİRİŞ

Son dönemlerde arıtılmış atık su kullanımı konusu, ülkemizde de giderek artan oranda ilgi görmektedir. Atık suların kullanılması, bitki koruma, hidroloji, gübreleme ve çevre ve halk sağlığı konuları ile birlikte dikkate alınması gerekir.

Kentsel gelişmeye bağlı olarak, giderek artan oranda elde edilen atık suların, bitkisel üretimde kullanılması olanaklarının araştırılması, sınırlılıklarının, üstünlüklerinin anlaşılması, bu çalışmanın bir başka amacını oluşturmaktadır. Böylece, atık

suların yeniden değerlendirilerek tarımsal amaçla kullanılabilmelerine ilişkin gerekli bilgiler sağlanacak, toprak ve su kaynakları üzerindeki etkileri öğrenilebilecektir. Çalışmada TAGEM 2013-51 Nolu Proje sonuç raporuna göre marjinal suların bitki de kök gövde yaprak ve danede birikimleri incelenmiştir.

Araştırma, Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitü Müdürlüğü merkez arazisinde bulunan araştırma alanında yürütülmüştür.

Denemede atık su, artırılmış atık su ve temiz su ve bu suların eşit miktarda (1:1) karışımları kullanılmıştır. Deneme konularını, değinilen bu sular oluşturmuştur. Buna göre denemede, kentsel atık su (KS), artırılmış atık su (AS) ve temiz su (TS) ile bunların karışımları, olan kentsel atık su ve artırılmış atık su (KS+AS), kentsel atık su ve temiz su (KS+TS) ile artırılmış atık su ve temiz su (AS+TS) konuları ele alınmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Denemede kullanılan sularla yetiştirilen mısır bitkisinin farklı organlarında N, P, K, Ca, Mg gibi makro elementler ile Fe, Cu, Zn, Mn gibi iz elementleri ve Pb, Ni, Cd ve B gibi ağır metallere analizleri yapılmıştır. Bitkinin kök, gövde, yaprak ve danelerinde, hasat döneminde yapılan analizler sonucunda, elde edilen bulgular Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemenin her iki yılında bitkinin kök, gövde, yaprak ve danesinde azot içeriği, diğer konulara göre, KS konusunda; bitki organlarına göre ise danede yüksektir. Azot birikimi, denemenin birinci yılında; en fazla dane ve yaprakta, KS ve AS+KS konularında; ikinci yılında ise, bitkinin tüm organlarında KS konusunda en yüksek olarak saptanmıştır (Çizelge 1-4). Day ve ark. (1975) kentsel atık suların buğday bitkisinde, Day ve Tucker (1977) sorgum bitkisinde, Marten ve ark. (1980) mısır bitkisinde, toprak üstü aksam ve dane azot içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Fosfor içeriği, denemenin birinci yılında KS ve AS+KS konularında köklerde yüksek, danede az iken diğer konularda tersi durum söz konusudur. Bitki organlarına göre en az birikim gövdede saptanmıştır. Denemenin ikinci yılında, AS, TS+AS ve AS+KS konularında köklerde P birikimi daha fazladır. Gövde ve yapraklarda fosfor içeriği, konular arasında farklı değildir. Danede ise TS+KS konusu en fazla P içeriğine sahiptir (Çizelge 1-4).

Potasyum, denemenin birinci yılında, en fazla köklerde, en az danede birikim göstermiştir. Ancak, danede en yüksek birikim KS konusunda saptanmıştır. AS, TS ve TS+KS konularında kökte,

TS konusunda gövdede ve KS konusunda yaprakta yüksek bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında kök ve gövdede kirlilik yükü fazla olan (KS ve AS+KS) konularında artmıştır. AS konusunda, yaprakta, TS konusunda danede yüksek olarak saptanmıştır. Mısır bitkisinin denemenin birinci yılı kök haricinde bitkinin tüm organlarında potasyum içeriğinin düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 1-4).

Kalsiyum içeriği, denemenin birinci yılında AS, TS+AS; denemenin ikinci yılında ise AS, TS, AS+KS ve KS konularında kökte yüksek iken, denemenin her iki yılında da gövde, yaprak ve danede KS konusunda, yüksek saptanmıştır (Çizelge 4.16-19).

Magnezyum içeriği, denemenin ilk yılında kökte AS+KS ve KS konularında, gövde ve yaprakta TS konusunda, danede ise KS konusunda yüksektir. Denemenin ikinci yılında ise AS+KS, KS ve AS konularında kökte, AS ve KS konularında gövdede, KS konusunda yaprakta, KS, TS+KS ve AS konularında danede yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4).

Elde edilen bulgulara göre, atık suların bitkinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğini artırdığı, benzer çalışmalarda desteklenmektedir. Eid ve Shereif (1996), Kaçar ve Katkat (1998), Tuna ve ark. (2001), Tuna ve Bürün (2003), atık suların, mısır bitkisinin beslenmesini olumlu etkilediği ve yapraklarda makro ve mikro besin elementlerinin düzeylerinde önemli artışlar yaptığını bildirmişlerdir.

Denemenin birinci yılında, mısır bitkisinde Fe birikimi en fazla köklerde saptanmıştır. Gövdede TS konusuna göre, karışım ve atık sularda Fe birikimi, daha az olmuştur. Yaprakta birikim ise en fazla KS konusundadır. Fe'in danede birikimi, kökteki birikimle benzerlik göstermektedir. İkinci yıl ise Fe birikimi en fazla köklerde olmuş bunu, azalan sırayla gövde, yaprak ve dane izlenmiştir. Atık su ve atık su karışımı suların kullanıldığı konularda Fe içeriği daha yüksektir. Ancak, AS ve KS konularında kök ve gövdedeki birikimi dikkat çekicidir (Çizelge 1-4). Artırılmış ve atık suların yüksek demir içeriği bitkide, özellikle, dane dışında diğer aksamalarda demir kapsamını artırmıştır.

Bakır içeriğinin, denemenin birinci yılında kök, yaprak ve danede TS konusunda, gövdede KS konusunda; denemenin ikinci yılında kökte AS+KS, gövde ve yaprakta KS, AS+KS, TS+KS, AS, TS+AS konularında, danede ise KS konusunda yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4). Sidle ve ark. (1976), 11 yıl atık su ile sulanan mısırdaki Cu ve Zn derişimini bitkide düşük, toprakta yüksek bulduklarını belirtmişlerdir. Kacar ve İnal (2008), bitkide bakır derişiminin genelde, yapraklarda diğer aksamalara göre daha

fazla bulunduğunu açıklamışlardır. Çinko içeriği, denemenin her iki yılında köklerde AS konusunda, yaprakta KS konusunda yüksek, gövdede denemenin birinci yılında TS+KS ve AS, ikinci yılında KS konusunda, danede ise birinci yıl TS, ikinci yıl AS+KS konularında yüksek bulunmuştur. Zn birikimindeki artış ve azalışların, suların kirlilik yükü ile ters orantılı olduğu dikkat çekicidir (Çizelge 1-4). Jasiewicz ve ark. (2010), mısır bitkisinde farklı organlara göre çinko dağılımını inceledikleri çalışmalarında, köklerin diğer toprak üstü organlara göre, %34 daha fazla çinko içerdiğini ve toprak pH'sındaki artışın çinkonun bitkiye yararlılığını azalttığını bildirmişlerdir. Sidle ve ark. (1976), 11 yıl atık su ile sulanan mısırdaki Cu ve Zn derişimini bitkide düşük; toprakta yüksek bulduklarını rapor etmişlerdir.

Mangan içeriği, denemenin ilk yılında, mısır bitkisinde en fazla gövdede birikmiştir. AS ve diğer karışım konularında gövdede bulunan Mn değerleri oldukça yüksektir. Yaprakta ise TS ve AS konularında daha az, atık ve karışım suların kullanıldığı konularda daha fazladır. Danede, atık su ve karışım konularında Mn birikimi daha azdır. Denemenin ikinci yılında Mn içeriği, kök ve gövdede atık su ve karışım konularında daha yüksektir. Kökten daneye doğru birikimde, bir azalış söz konusudur. Ancak, danede birikim en fazla TS konusunda diğer konulara göre daha yüksektir (Çizelge 1-4).

Kurşun içeriği, birinci yılında kökte KS, yaprakta TS, danede TS konularında, denemenin ikinci yılında kökte, gövdede, yaprakta ve danede KS konusunda yüksek bulunmuştur (Çizelge 1-4). Kafadar ve Saygıdeğer (2010), atık su ile sulanan mısır bitkisinde kurşun birikiminin, temiz suya göre daha fazla olduğunu ve kurşun miktarının kök>gövde>yaprak şeklinde dizilim gösterdiğini belirlemişlerdir. Baranowska ve Morek (2003), mısır köklerinde, toprak üstü organlara göre 4.5-5 kat daha fazla kurşun biriktiğini ve bitkinin kök yüzeyinde bulunan büyük miktarlarda kurşun metali alımını sınırlayan bir mekanizma olduğunu bildirmişlerdir. Pb bitkiler için gerekli değildir ve yüksek derişimler mısır için zehir etkisi yapmaktadır. Mısır bitkisi için kurşunun kritik düzeyi, 5.7 µM/kg olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Nikel içeriğinin, denemenin her iki yılında da kök ve yaprakta TS konusunda, gövdede birinci yıl KS, ikinci yıl TS konusunda; danede ise birinci yıl TS ve TS+AS, ikinci yıl ise KS, TS+KS konularında yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16-19). Elde edilen sonuçlara göre, atık su kullanımı, bitkinin Ni içeriğini artırmamıştır. Nikel birçok bitkiye 0.5-1.0 mg L⁻¹ arasında toksiktir; alkali ve nötr topraklarda

toksitesi azalmaktadır (Başkan, 2006). Bitkide nikel (Ni) birikimi, türe göre değişir ve demir elementinin jeokimyasal özelliklerine benzerliğinden dolayı, bitkide taşınımı kolay olup yaprak ve danede (tohumda) birikir. Toksiklik düzeyi duyarlı bitkilerde 10 ppm, orta duyarlı bitkilerde 50 ppm'dir (Kacar ve İnal, 2008). Kadmiyum içeriği, denemenin birinci yılı kökte AS+KS konusunda, yaprakta ve danede TS konusunda, denemenin ikinci yılında kökte AS+KS ve KS konularında, yaprakta AS konusunda, danede KS konusunda yüksek olduğu saptanmıştır. Denemenin her iki yılında da gövdede Cd içeriğinde konular arasında farklılık saptanamamıştır (Çizelge 1-4). Kacar ve İnal (2008)'in Cutler ve Raini (1974)'den bildirdiğine göre, kadmiyum bitki dokusunda 20-100 µM/kg bulunur ve kökten tepe organlara doğru gidildikçe azalır. Dimitrij ve ark. (2005), Zhu (2001), Rui Yu-Kui ve ark. (2009) mısır danesinde, azot eklenmesine bağlı olarak, kadmiyumun arttığını belirtmişlerdir.

Alüminyum içeriği, denemenin birinci yılında kök ve gövdede TS, yapraklarda AS konularında yüksek bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında ise bitkinin farklı organlarındaki birikimin benzer olduğu saptanmıştır (Çizelge 1-4).

Bor içeriğinin, denemenin her iki yılında da köklerde TS, danede KS konularında; birinci yıl gövdede AS, yaprakta AS+KS ve KS, ikinci yıl gövdede TS, yaprakta KS konularında yüksek olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 1-4).

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Hasat döneminde makro ve mikro elementler ile ağır metal analizlerine ilişkin sonuçlara göre; kentsel atık su, bitkinin hem toprak üstü aksamında hem de danede N, Ca, Cu ve Pb içeriklerini artırmıştır. P, Zn ve Mn birikimi toprak üstü aksamda, Ni, Cd ve B danede, B ve K yapraklarda yüksek olarak saptanmıştır. Pb birikiminin karışım suların bulunduğu konularda saptanamaması dikkat çekicidir. Aynı durum Cd birikiminde de söz konusudur. Cd, karışım sularda sadece kirlilik yükü en fazla olan AS+KS konusunda, kökte saptanmıştır. Çalışmada kullanılan atık sular ve karışım suları, bitki aksamındaki mineral madde derişimlerini artırmaktadır. Ayrıca, ağır metallerin kökte birikmesi, mısır bitkisinin yem olarak kullanılmasında gıda güvenliği açısından, sorun olmamaktadır. Ancak, Cd'un danede birikme eğilimi, çalışmada sınır değerlerin altında olsa bile, dikkat edilmesi gereken bir bulgudur.

Çizelge 1. Mısır köklerinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri

Table 1. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize roots

Yıllar	Elementler	Deneme konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.61	0.61	0.6	0.59	0.63	0.64	0.032
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	P	0.44	0.43	0.45	0.43	0.5	0.52	0.022
	%	b	b	b	b	a	a	
	K	1.95	1.92	1.95	1.94	1.85	1.81	0.01
	%	a	b	a	a	c	d	
	Ca	0.54	0.53	0.51	0.56	0.56	0.57	0.036
	%	a	b	b	a	a	a	
	Mg	0.26	0.25	0.27	0.26	0.39	0.36	0.021
	%	c	c	c	c	a	b	
	Fe	218.96	139.33	138.78	164.22	146.01	140.39	37.41
	ppm	a	c	c	b	c	c	
	Cu	3.4	2.71	2.35	2.31	2.28	2.57	0.075
	ppm	a	b	cd	d	d	bc	
	Zn	40.13	42.18	44.62	26.17	21.09	12.25	1.382
	ppm	c	b	a	d	e	f	
	Mn	55.2	55.87	56.46	55.96	55.37	40.83	0.348
	ppm	b	ab	a	ab	ab	c	
	Pb	0.03	0.19	0.27	0.30	0.36	0.67	0.062
	ppm	e	d	c	b	b	a	
Ni	0.215	0.118	0.037	0.042	0.046	0.022	0.038	
ppm	a	b	c	c	c	c		
Cd	0.0012	0.0011	0.0015	0.0011	0.0019	0.0009	0.004	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	4.02	2.94	0.81	0.46	1.09	1.32	0.114	
ppm	a	b	d	e	cd	c		
B	5.96	3.83	3.58	4.04	3.87	0.02	0.329	
ppm	a	b	c	b	b	d		
2010	N	0.66	0.64	0.61	0.63	0.73	0.79	0.01
	%	c	cd	d	cd	b	a	
	P	0.31	0.29	0.45	0.45	0.44	0.41	0.022
	%	c	c	a	a	a	b	
	K	0.256	0.279	0.269	0.273	0.502	0.561	0.275
	%	b	b	b	b	a	a	
	Ca	0.79	0.69	0.63	0.72	0.79	0.79	0.015
	%	a	c	d	b	a	a	
	Mg	0.31	0.553	0.753	0.595	0.757	0.737	0.035
	%	c	b	a	b	a	a	
	Fe	277.66	238.12	721.3	315.3	627.23	784.83	0.787
	ppm	e	f	b	d	c	a	
	Cu	6.91	6.80	7.17	7.16	7.27	6.89	0.06
	ppm	c	d	b	b	a	c	
	Zn	12.53	41.12	205.66	122.79	135.15	99.42	3.256
	ppm	f	e	a	c	b	d	
	Mn	57.73	105.74	139.71	139.4	138.57	162.63	0.01
	ppm	f	e	b	c	d	a	
	Pb	0.94	0.46	0.48	0.31	0.38	0.226	0.12
	ppm	b	d	c	f	e	a	
Ni	0.016	0.01	0.011	0.011	0.005	0.06	0.04	
ppm	a	c	b	b	d	d		
Cd	0.21	0.28	0.31	0.28	0.26	0.31	0.002	
ppm	d	b	a	b	c	a		
Al	16.68	16.66	16.73	16.68	16.69	16.68	0.263	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	1.00	0.50	0.33	0.66	0.50	0.001	0.014	
ppm	a	c	d	b	c	E		

Çizelge 2. Mısır yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri
Table 2. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize leaves

Yıllar	Elementler	Deneme konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.690	0.650	0.660	0.750	0.810	0.840	0.012
	%	c	c	c	b	a	a	
	P	0.570	0.610	0.480	0.600	0.470	0.580	0.006
	%	c	a	d	ab	d	bc	
	K	1.190	1.160	1.990	1.270	1.310	1.340	0.007
	%	d	e	f	c	b	a	
	Ca	0.710	0.640	0.650	0.620	0.590	0.610	0.011
	%	a	b	b	c	d	c	
	Mg	0.250	0.170	0.170	0.270	0.320	0.330	0.008
	%	d	e	e	c	b	a	
	Fe	3.610	5.710	3.890	3.890	5.450	28.370	1.562
	ppm	b	b	c	c	b	a	
	Cu	5.960	3.900	4.060	3.160	3.040	2.550	0.023
	ppm	a	c	b	d	e	f	
	Zn	11.240	13.750	13.430	14.280	13.920	15.830	0.154
	ppm	d	c	c	b	bc	a	
	Mn	11.910	14.460	10.630	27.790	27.710	31.960	0.257
	ppm	d	c	e	b	b	a	
	Pb	0.640	0.400	0.300	0.250	0.200	0.210	0.021
	ppm	a	b	c	cd	d	d	
Ni	0.300	0.280	0.270	0.260	0.230	0.190	0.003	
ppm	a	b	bc	c	d	e		
Cd	0.00018	0.00015	0.00012	0.00016	0.00012	0.00013	0.004	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	0.090	0.150	0.210	0.150	0.150	0.150	0.009	
ppm	c	b	a	b	b	b		
B	8.000	1.960	12.370	1.290	16.330	18.170	0.997	
ppm	c	d	b	b	a	a		
2010	N	0.742	0.519	0.571	0.709	0.729	0.907	0.009
	%	b	e	d	c	bc	a	
	P	0.448	0.430	0.429	0.436	0.401	0.415	0.447
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	K	1.428	1.486	1.488	1.319	1.304	1.200	0.008
	%	b	a	a	c	c	d	
	Ca	0.697	0.704	0.833	0.398	1.304	1.378	0.343
	%	c	c	bc	bc	ab	a	
	Mg	0.207	0.174	0.168	0.229	0.227	0.240	0.002
	%	c	d	d	b	b	a	
	Fe	26.100	22.230	7.060	8.020	6.130	8.070	0.477
	ppm	a	b	e	d	f	c	
	Cu	2.440	3.960	4.190	4.710	4.760	5.030	0.326
	ppm	b	a	a	a	a	a	
	Zn	0.940	3.020	8.970	6.850	9.530	10.960	0.249
	ppm	e	d	b	c	b	a	
	Mn	32.300	31.240	27.490	27.980	29.310	28.550	0.236
	ppm	a	b	f	e	c	d	
	Pb	0.010	0.024	0.033	0.029	0.027	0.040	0.856
	ppm	f	e	b	c	d	a	
Ni	0.016	0.010	0.011	0.011	0.005	0.006	0.193	
ppm	a	c	bc	b	d	d		
Cd	0.017	0.150	0.106	0.159	0.106	0.137	0.014	
ppm	d	a	c	a	c	b		
Al	16.670	16.680	16.170	16.660	16.690	16.690	0.199	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	7.660	18.660	62.330	79.660	66.330	88.330	0.504	
ppm	f	e	d	b	c	a		

Çizelge 3. Mısır gövdesinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri
Table 3. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize stem

Yıllar	Elementler	Deneme Konuları						S \bar{X}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	0.230	0.210	0.370	0.350	0.400	0.440	0.027
	%	d	d	c	c	b	a	
	P	0.289	0.290	0.290	0.290	0.250	0.270	0.005
	%	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	K	1.230	1.210	1.200	1.180	1.080	1.100	0.008
	%	a	ab	bc	c	d	d	
	Ca	0.187	0.205	0.126	0.106	0.130	1.139	0.012
	%	b	ab	c	f	e	a	
	Mg	0.400	0.350	0.370	0.270	0.300	0.280	0.002
	%	a	c	bc	f	d	e	
	Fe	44.140	43.300	39.260	39.080	34.580	32.220	2.765
	ppm	a	ab	abc	abc	bc	c	
	Cu	0.770	0.740	0.740	2.170	2.520	4.770	0.041
	ppm	d	d	d	c	b	a	
	Zn	32.420	32.960	35.750	36.290	34.000	22.000	0.600
	ppm	c	bc	a	a	b	d	
	Mn	101.630	102.560	103.570	103.910	103.210	96.960	0.518
	ppm	b	ab	a	a	ab	c	
	Pb	0.010	0.180	0.350	0.410	0.270	0.110	0.009
ppm	f	d	b	a	c	e		
Ni	0.080	0.090	0.090	0.110	0.110	0.130	0.013	
ppm	c	c	c	b	b	a		
Cd	0.032	0.020	0.035	0.030	0.030	0.030	0.04	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Al	0.660	0.470	0.030	0.030	0.020	0.020	0.022	
ppm	a	bc	c	c	c	c		
B	16.000	20.420	23.000	22.250	21.040	21.450	0.800	
ppm	c	bc	a	ab	ab	ab		
2010	N	0.414	0.584	0.570	0.547	0.748	0.784	0.013
	%	f	c	d	e	b	a	
	P	0.307	0.294	0.308	0.312	0.307	0.309	0.398
	%	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	K	0.255	0.208	0.283	0.225	0.281	0.313	0.002
	%	c	e	b	d	b	a	
	Ca	0.704	0.553	0.505	0.917	1.031	1.780	0.071
	%	d	e	e	c	b	a	
	Mg	0.227	0.208	0.246	0.229	0.261	0.248	0.006
	%	b	c	a	b	a	a	
	Fe	0.140	52.100	122.610	72.790	70.130	124.980	0.389
	ppm	f	e	b	c	d	a	
	Cu	4.720	7.410	7.430	7.310	7.620	6.880	0.596
	ppm	b	a	a	a	a	a	
	Zn	10.580	19.190	18.480	19.920	19.540	26.250	0.516
	ppm	c	b	b	b	b	a	
	Mn	109.210	109.100	111.810	110.620	111.430	112.470	4.82
	ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd	
	Pb	0.156	0.038	0.059	0.045	0.052	0.630	0.06
ppm	b	f	c	e	d	a		
Ni	0.092	0.057	0.009	0.010	0.007	0.006	0.0015	
ppm	a	b	c	c	d	e		
Cd	0.113	0.158	0.035	0.055	0.080	0.081	0.41	
ppm	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Al	16.690	16.670	16.660	16.700	16.690	16.710	0.332	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	21.170	19.330	17.660	18.660	4.500	5.000	1.38	
ppm	a	b	c	b	d	d		

Çizelge 4. Mısır danesinde makro, mikro element ve ağır metal derişimleri
Table 4. Concentrations of macro and micro elements, and heavy metal in the maize grain

Yıllar	Elementler	Deneme Konuları						S \bar{x}
		TS	TS+AS	AS	TS+KS	AS+KS	KS	
2009	N	3.040	2.930	3.070	2.940	3.180	3.210	0.061
	%	ab	b	ab	b	a	a	
	P	0.520	0.580	0.580	0.610	0.380	0.400	0.006
	%	c	b	b	a	e	d	
	K	0.310	0.290	0.240	0.260	0.240	0.230	0.004
	%	a	b	d	c	de	e	
	Ca	0.490	0.500	0.520	0.570	0.710	1.310	0.009
	%	d	d	d	c	b	a	
	Mg	0.110	0.191	0.225	0.269	0.290	0.310	0.009
	%	e	d	c	b	ab	a	
	Fe	34.990	29.770	27.550	18.550	18.300	18.240	1.044
	ppm	a	b	b	c	c	c	
	Cu	1.410	1.310	1.180	0.960	1.310	1.290	0.045
	ppm	a	ab	b	c	ab	ab	
	Zn	23.710	20.690	20.940	19.040	14.330	12.830	0.288
	ppm	a	b	b	c	d	e	
	Mn	26.420	21.790	11.870	7.210	10.050	3.830	0.361
	ppm	a	b	c	e	d	f	
	Pb	0.282	0.128	0.090	0.069	0.060	0.036	0.004
	ppm	a	b	c	d	d	e	
Ni	0.220	0.210	0.150	0.156	0.126	0.089	0.011	
ppm	a	a	b	b	bc	c		
Cd	23.330	21.670	11.670	6.620	10.000	9.000	0.004	
ppm	a	b	c	f	d	e		
Al	0.051	0.043	0.042	0.039	0.046	0.049	0.114	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
B	1.170	7.250	7.420	7.210	7.670	13.040	0.370	
ppm	c	b	b	b	b	a		
2010	N	3.670	2.870	2.720	2.990	3.120	3.940	0.021
	%	b	e	f	d	c	a	
	P	0.680	0.694	0.609	0.851	0.667	0.673	0.006
	%	bc	b	d	a	c	bc	
	K	0.933	0.723	0.815	0.800	0.881	0.818	0.012
	%	a	d	c	c	b	c	
	Ca	0.036	0.023	0.081	0.029	0.039	0.132	0.003
	%	cd	e	b	de	c	a	
	Mg	0.125	0.154	0.233	0.235	0.181	0.244	0.014
	%	c	bc	a	a	b	a	
	Fe	0.080	1.310	2.921	3.196	2.988	3.136	0.120
	ppm	c	b	a	a	a	a	
	Cu	0.810	1.278	1.637	1.840	2.246	2.706	0.098
	ppm	e	d	c	c	b	a	
	Zn	20.490	18.140	19.310	21.540	22.170	17.910	0.445
	ppm	bc	d	cd	ab	a	d	
	Mn	26.42 a	21.79 b	11.87 c	7.21 e	10.05 d	3.83 f	0.348
	ppm	a	b	c	e	d	f	
	Pb	0.009	0.021	0.086	0.087	0.074	0.118	0.004
	ppm	f	e	c	b	d	a	
Ni	0.020	0.020	0.019	0.020	0.018	0.019	0.009	
ppm	öd	öd	öd	öd	öd	öd		
Cd	0.169	0.496	0.666	0.508	0.740	0.859	0.020	
ppm	e	d	c	d	b	a		
Al	16.670	16.660	16.660	16.670	16.670	16.690	0.331	
ppm	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
B	12.670	24.000	24.170	18.170	22.330	24.330	0.014	
ppm	f	c	b	e	d	a		

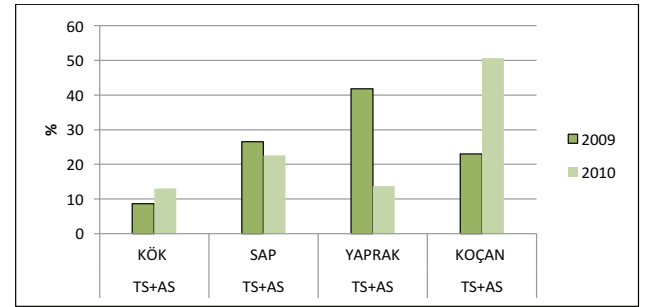
Konya ili kentsel atık sularının tarımda kullanılabilmesi için farklı seçenekler dikkate alınarak (arıtma, kısmen arıtma ve seyreltme) kirlenici ölçütleri farklı sulunan bitkinin organları incelenmiş aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Denemede kullanılan sular, pH yönünden sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmazken, elektriksel iletkenlik, SAR ve tuzluluk değerleri, kullanımı kısıtlamaktadır. Karışım sularının hemen hepsinin "ihtiyatla kullanılabilir" T3A1 (yüksek tuzlu ve düşük sodyum zararı) sınıfında olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlara göre araştırmada ele alınan atık su ve karışım suları, tuzluluk bakımından, kötü nitelikli sulardır ve sulamada kullanılması durumunda, tarım topraklarında tuzluluk-sodyumluk sorunlarının ortaya çıkmasına neden olacak potansiyeldedir. Bu nedenle, sulama yönetimine göre su kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi amacıyla iyi nitelikli sularla karıştırılıp seyreltilerek kullanılması gereklidir. Ayrıca, temiz su kaynağının yetersiz olduğu ve atık su kaynaklı suların kullanılması durumunda, etkin tuzluluk ve toprak bünyesine göre potansiyel tuzluluk değerleri dikkate alınarak kontrollü olarak kullanılmalıdır.

AKM, KOİ, BOİ, Toplam N, Toplam P ve Toplam Fekal Koliform gibi ölçütlere göre; denemede kullanılan atık suların tümü (TS+AS dışında), yönetmelik sınır değerlerinin üstünde değerler taşımaktadır. Özellikle patojenler ve diğer atık su ölçütlerinin yüksekliği, insan ve çevre sağlığını korumada en gerçekçi ve etkin önlem olarak atık su arıtımını zorunlu kılmaktadır.

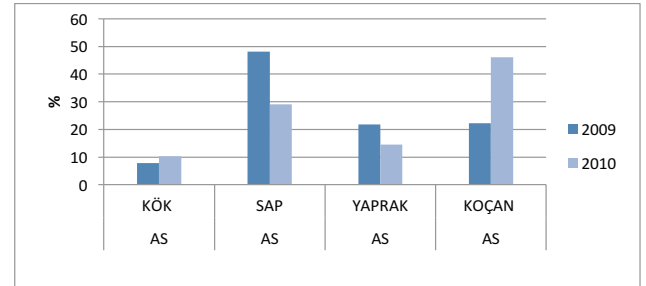
Deneme sularında Cu, Fe, Mn ve Zn derişimleri, kritik değerlerin altında bulunmaktadır. Suların B değerlerinin mısır gibi orta derecede dayanıklı bitkiler için II. Sınıf (iyi) olduğu anlaşılmaktadır. Öte

yandan ağır metal kapsamı Pb, Ni değerleri, yönetmelik sınır değerlerinin altında bulunmuştur. Cd değerleri, kimi zamanlarda AS, TS+KS, AS+KS ve KS konularında yönetmelik sınır değerinden yüksektir. Deneme sularında Ag, Ba, Be, Co, Cr, Li, Mo, ağır metalleri bulunmamaktadır. Endüstriyel atık suların arıtılması, patojenik ve diğer potansiyel toksik bileşiklerin kabul edilebilir sınırlara indirilmesinde ya da elimine edilmesinde önemlidir. Bu nedenle endüstriyel paket arıtım ünitelerinin kurulması gereklidir.



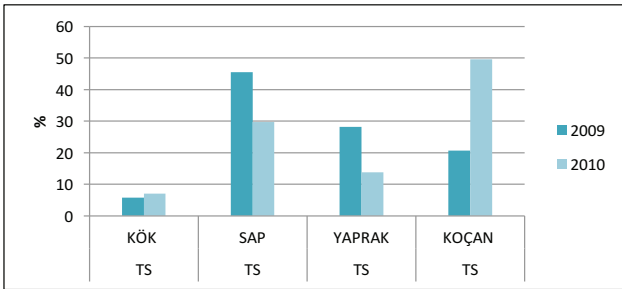
Şekil 2. TS+AS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 2. The percentage of biomass in plant organs for TS+AS.



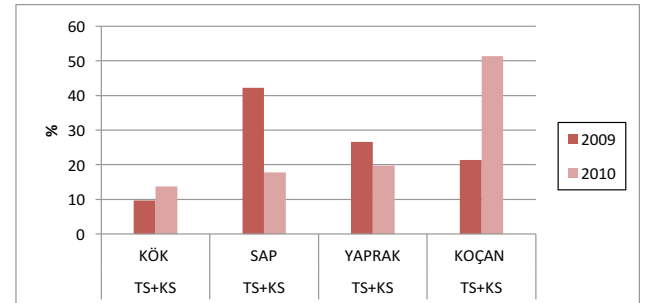
Şekil 3. AS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 3. The percentage of biomass in plant organs for AS.



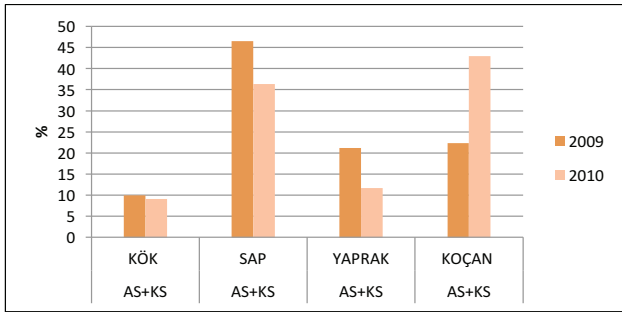
Şekil 1. TS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 1. The percentage of biomass in plant organs for TS.



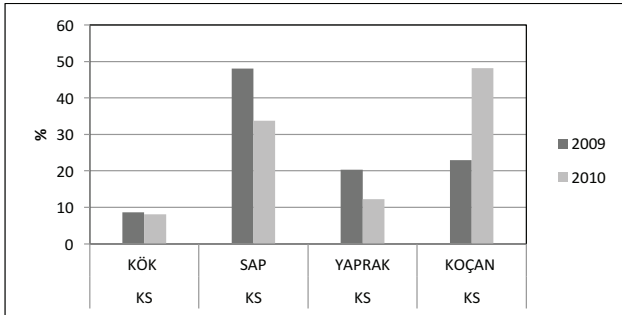
Şekil 4. TS+KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 4. The percentage of biomass in plant organs for TS+KS.



Şekil 5. TS+KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 5. The percentage of biomass in plant organs for TS+KS.



Şekil 6. KS konusunda bitki organlarında biyokütle oranı (YGS 203)

Figure 6. The percentage of biomass in plant organs for KS.

KAYNAKLAR

Baranowska Morek, A (2003). Plant mechanisms of tolerance to the tonic effect of heavy metals. Kosmos. Probl. Nauk Biol., 52 (2): 283-298.

Çay Ş (2013). Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır yetiştiriciliğine etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri. Adana.

Çay Ş, Kanbger R (2013) Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır yetiştiriciliğine etkileri. TAGEM 2013-51 Proje Sonuç Raporu. 66-74.

Day AD, Tucker TC (1977). Effects of treated wastewater on growth, fibre, protein and amino acid content of sorghum grains. Journal of Environmental Quality. Vol. 6 (3):3 25-327.

Dmitrij I, Bashmakov AS, Lukatkin V, Revin V, Povilas D, Brazaityte A, Baranauskis K (2005). Growth of maize seedlings affected by different concentrations of heavy metals. Ekologija, 3: 22-27.

Eid MA, Shereif M (1996). Effect of waste water irrigation on rowth and mineral contents of certain crops. Egypt. J. of Soil. Sci., 36 (1-4):109-118.

Jasiewicz CZ, Baran A, Tarnawski M (2010). Effect of bottom sediment on content, bioaccumulation and translocation of heavy metals in maize biomass. J. Elem. 15(2):281-290.

Kacar B, İnal A (2008). Bitki analizleri. 3. Nobel Yayın Dağıtım. s: 912.

Kacar B, Katkat AV (1998). Bitki besleme. 3. Baskı. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, 127:168-175.

Kafadar FN, Saygıdeğer S (2010). Gaziantep ilinde organize sanayi bölgesi atık suları ile sulanan bazı tarım bitkilerinde kurşun (pb) miktarlarının belirlenmesi. Ekoloji, 19(75): 41-48.

Marten GC, Larson WE, Clapp CE (1980). Effects of municipal wastewater effluent on performance and feed quality of maize vs. reed canarygrass. Journal of Environmental Quality, 9 (1): 137-141.

Sidle RC, Hook JE, Kardos LT, (1976). Heavy metals application and plant uptake in a land disposal system for wastewater. Journal of Environmental Quality, 5: 97-102.

Tuna AL, Bürün B, Şahin O, Yağmur B (2001). Kentsel atık suların yeniden değerlendirilmesi. IV Ulusal Çevre Kongresi 5-8 Ekim 2001 Bodrum, s.513-518.

Tuna AL, Bürün B (2003). Mısırdaki mineral beslenme ve bazı topraközelliği üzerine kentsel atık suların etkisi. Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Dergisi, 4:7-15.

Tuna AL, Girgin AR (2005). (Zea mays L.) gelişme, mineral beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik santral uçucu küllerinin etkisi. Ekoloji, 14(57): 29-37.

TOPRAK SU DERGİSİ YAYIN KURALLARI

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

Dergide Türkçe veya İngilizce olarak tarım bilimleri alanındaki özgün araştırma ve makaleler yayınlanır.

Etik

TR-Dizin 2020’de yapılan değişiklik nedeniyle, etik kurul izni gerektiren çalışmalarda süreci 2020 yılında başlayan yayınlar için etik kurul izni zorunlu olacaktır. Alınan etik kurul iznine ilişkin bilgiler çalışmanın yöntem kısmında yer almalıdır.

Yazarların Etik Sorumlulukları

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. 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.

Editörlerin Etik Sorumlulukları

Toprak Su Dergisi’nde editör ve alan editörleri, Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından yayınlanan "COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" ve "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors" rehberleri temelinde aşağıdaki uluslararası standartları dikkate alınmalıdır.

Hakemlerin Etik Sorumlulukları

ToprakSuDergisi’ne yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmalar, nesnel ve bağımsız değerlendirilme sağlanması için çift taraflı kör hakemlik ilkesiyle yürütülür. Hakemler yazarlar ile doğrudan iletişime geçemez. Değerlendirme nesnel bir şekilde sadece çalışmanın içeriği ile ilgili olarak yapılmalıdır.

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 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/topraksu> 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 sayfa 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 atıfında "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 atıf yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri kısaltma yapılmadan tam adı yazılmalıdır. Sadece özet/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 - unground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI.

İnternette alınmış bilgi:

Kurumsal bazda istatistik veri, standartlar ve elektronik dergiler internette alınmış 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 şekile 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 dikey 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 (Systeme 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." şeklinde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1. de verilmiştir).

