



jotaf

**Journal of Tekirdag
Agricultural Faculty**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

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

**Issue: 3
Volume: 17
2020**

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty

Sayı/Issue:3 Eylül/September 2020

ISSN: 1302-7050

e-ISSN: 2146-5894

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi' nin ulusal, uluslararası ve hakemli dergisidir.

Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

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

Dergi Hakkında/About the Journal Adı/ Name

Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty (Eylül 2020/September 2020)

İmtiyaz Sahibi/Owner

Prof. Dr. Sezen ARAT

Yayın Kurulu/Editorial Management

Doç. Dr. Fulya TAN (Baş Editör/Editor-in-Chief)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Dr. Ersen OKUR (Editör/Editor)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Dr. Eray ÖNLER (Editör/Editor)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Editorial Danışma Kurulu/Editorial Adviser Board

- Doç. Dr. Fulya TAN, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr. Fatih KONUKÇU, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR, Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr. Bryan M. JENKIS, California University, Amerika
Prof. Dr. Peter KISS, Szent Istvan University, Macaristan
Prof. Dr. Eugenia BEZIRTZOĞLOU, University of Thrace, Yunanistan
Prof. Dr. Muhammet ARICI, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
Prof. Dr. Adnan ORAK, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr. Şule ARI, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
Prof. Dr. Kasim BAJROVIC, Institute for Genetic Engineering and Biotechnology, Bosna Hersek
Prof. Dr. Zoran POPOVSKI, Cyril and Methodius University, Makedonya
Prof. Dr. Edo D'Agaro, University of Udine, İtalya
Prof. Dr. Tuğrul GİRAY, University of Puerto Rico, Amerika
Prof. Dr. Gülen ÖZDEMİR, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr. Gamze SANER, Ege Üniversitesi, İzmir
Prof. Dr. Dimitar NIKOLOSKI, University of "St. Kliment Ohridski", Makedonya
Prof. Dr. Mariana IVANOVA, University of Agribusiness and Rural Development, Bulgaristan
Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon
Prof. Dr. H. Ersin ŞAMLI, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Doç. Dr. Zubair ASLAM; University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Doç. Dr. Christos KARELAKIS, Democritus University of Thrace, Orestiada, Greece
Doç. Dr. A. Şükrü DEMİRCİ, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Doç. Dr. Fulya ÖZDİL, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Doç. Dr. Süreyya ALTINTAŞ, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Dr. Öğr. Üyesi Nihal KILIÇ, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Dr. Öğr. Üyesi M. Recai DURGUT, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Yayın Türü/Type of Publication

Yerel Süreli Yayın/International Periodical

Yayın Dili/Type of Language

Türkçe ve İngilizce /Turkish and English

Yayın Periyodu/Publishing Period

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

Tarandığı İndeksler/Indexed by

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

Yayın Tarihi/Publication Date

Eylül 2020 / September 2020



İletişim/Correspondence

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Telefon: +90 282 250 20 00/22 70

Web: <http://jotaf.nku.edu.tr/Anasayfa/0/s/8236/10965>

Elektronik posta: ziraatdergi@nku.edu.tr

İçindekiler / Contents

Tokat İlinde Kullanılan Bitki Koruma Makinelerinin Ürün Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi	276-284
Uğur TEMEL, Yeşim Benal ÖZTEKİN	
Effects of Vermicompost Applications on Microelemental Contents of Olive Saplings' Production Material	285-291
Korkmaz BELLİTÜRK, Hatice Sevim TURAN, Selçuk GÖÇMEZ, Yusuf SOLMAZ, Özlem ÜSTÜNDAĞ, Aydın ADILOĞLU	
Sıvı Nitrojende Depolanan <i>Ephestia kuehniella</i> Zell. Yumurtalarında <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood ve <i>Trichogramma brassicae</i> Bezdenko Türlerinin Kitle Üretimlerinin Araştırılması	292-303
Şennur BAŞÜĞÜT, Nihal ÖZDER	
Fermente Sucukların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Gamma Işınlamanın Etkisi	304-317
Gülce Bedis KAYNARCA, Tuncay GÜMÜŞ	
Germination and Early Growth Performances of Mung Bean (<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek) Genotypes Under Salinity Stress..	318-328
Berk BENLİOĞLU, Uğur ÖZKAN	
Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi.....	329-345
Murat ÇETİN, Selin SAYGIN, Harun DEMİR	
Determination of Consumer's Willingness to Pay for Halal Food	346-356
Ayşe Büşra MADENCİ, Zeki BAYRAMOĞLU, Selman TÜRKER, Kemalettin AĞIZAN, Vildan EYİZ	
Türkiye Yaş İncir Üretimi ve Kuru İncir İhracatı için Öngörü: ARIMA Modeli Yaklaşımı	357-368
Veli Anıl ÇAKAN	
Manisa İli Pamuk Alanlarında <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner (Lepidoptera; Noctuidae)'nın Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	369-380
Samet MEMİŞ, Ali ÖZPINAR	
The Correlation of Some Nutrient Elements and Antibacterial Activity of the Basil (<i>Ocimum basilicum</i>).....	381-391
Muazzez GÜRGAN, Sevinç ADILOĞLU	
Determination of Nutritional Status of Olive (<i>Olea europaea</i> L.) Trees Grown in Izmir and Mugla Province in Terms of Boron and The Other Microelements with Soil and Leaf Analyzes	392-405
Aise DELIBORAN, Kerem SAVRAN, Ozgur DURSUN, Onder ERALP, Tulin PEKCAN, Hatice Sevim TURAN, Erol AYDOĞDU, Idris CILGIN, Handan ATAOL OLMEZ, Sule SAVRAN, Abdullah Suat NACAR	
Investigating the Effect of Managing Scenarios of Flow Reduction and Increasing Irrigation Water Demand on Water Resources Allocation Using System Dynamics (Case Study: Zonouz Dam, Iran).....	406-421
Mohammad Taghi SATTARİ, Rasoul MİRABBASİ, Hossein DOLATİ, Fatemeh Shaker SUREH, Sajjad AHMAD	
Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Seviyelerinin Kopya Biberin (<i>Capsicum Annum</i> Cv. Kapija) Verim ve Verim Bileşenleri Üzerine Etkileri	422-431
Gökmen AZDER, Erhan GÖÇMEN, Ahmet İSTANBULLUOĞLU	
Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği	432-444
Pelin ALABOZ, Sinan DEMİR, Orhan DENGİZ	
Determination of Commercially Available Biogas Production Capacity and Effects on Methane Capture in Tekirdağ Province	445-455
Biröl KAYIŞOĞLU, Simge GÖNCÜ	

Tokat İlinde Kullanılan Bitki Koruma Makinelerinin Ürün Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Plant Protection Machines Used in Tokat Province in Point of Product Safety


Uğur TEMEL ¹, Yeşim Benal ÖZTEKİN ^{1*}**Özet**

Tarım, madencilik ve inşaat sektörleriyle birlikte en tehlikeli üç sektörden biri olarak kabul edilmektedir. Sektördeki iş sağlığı ve güvenliği sorunlarının iki temel nedeni tarım makineleri kazaları ve sektörde kullanılan kimyasallara maruz kalınmasıdır. Tarımsal üretimde bitki koruma uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bitki koruma makineleri, kimyasal uygulamada kullanıldığı için her iki temel sorun için de özel bir öneme sahiptir. İş güvenliği çalışmaları çerçevesinde uzmanlar, iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için öncelikle güvenli makine / sistem bulunması ve ardından eğitim kavramını benimser. Bu durumda, çalışanlar tarafından kullanılan makine ve sistemlerin kabul edilen sağlık ve güvenlik gereksinimlerini karşılaması gerektiği söylenebilir. Ülkemizde yürürlükte olan mevzuat ve standartlar kapsamında tarımda bitki koruma uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği gereklilikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada Tokat'ta kullanılan bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından değerlendirilmeleri amaçlanmıştır. Anketler Tokat ilini temsil eden Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde bitki koruma makineleri kullanan çiftçilerle yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiş ve kullandıkları bitki koruma makineleri incelenmiştir. Araştırma verileri SPSS paket programında istatistiksel analize tabi tutularak bulgular ortaya konulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, çiftçiler bitki koruma makinelerinin güvenli kullanımı hakkında yeterli bilgiye sahip olmayıp kullandıkları makinelerde güvenlik sorunları bulunmaktadır. Makinelere düzenli olarak ayar ve bakım yapılmamaktadır. Bitki koruma makinelerinin kalibrasyonu konusunda bilgi eksiklikleri olup çoğu çiftçi hiç yapmamaktadır. Bitki koruma makinesi ile traktör arasında kullanılan mafsallı millerin % 78'inde muhafaza yoktur. Makinelerin yaklaşık yarısında temiz su deposu bulunmamaktadır. Hortumlar üzerinde maksimum çalışma basınçları yazılı olmayıp bunlar uygun bir muhafaza altında değildir. Sonuç olarak, makinelerin ürün güvenliği açısından sağlık ve güvenlik gereksinimlerini karşılaması için mevzuatlarla belirlenmiş önlemlerin alınması gerektiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Pülverizatör, Tarımda iş sağlığı ve güvenliği, Ürün güvenliği, Yeni yaklaşım, CE işareti

Abstract

Agriculture is considered one of the three most dangerous sectors, along with the mining and construction sectors. The two main causes of occupational health and safety problems in the sector are agricultural machinery accidents and exposure to chemicals used in the sector. Plant protection machines, which are used extensively in plant protection applications in agricultural production, have a special importance concerning both basic problems since

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Yeşim Benal Oztekin, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 55139 Atakum/Samsun, Türkiye. E-mail: yurtlu@omu.edu.tr,  OrcID: 0000-0003-2387-2322

¹Uğur Temel E-mail: ugur_temel_1990@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-8856-338X

Atıf/Citation: Temel, U., Öztekin, Y.B. Tokat İlinde Kullanılan Bitki Koruma Makinelerinin Ürün Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 276-284.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2019

they are used in chemical application. Within the framework of occupational safety studies, experts adopt the concept of safe machinery / system and then education in order to ensure occupational health and safety. In this case, it can be said that the machines and systems used by employees must meet the accepted health and safety requirements. Product safety requirements of plant protection machines commonly used in plant protection applications in agriculture have been determined within the scope of the regulations and standards in force in our country. In this study, it is aimed to evaluate the plant protection machines used in Tokat in terms of product safety. Surveys were conducted through face-to-face interviews with farmers using plant protection machines in Zile, Artova, Erbaa and Niksar districts representing Tokat province and the plant protection machines they used were examined. According to the results of the research, farmers do not have enough information about the safe use of plant protection machines and there are safety problems in the machines they use. The machines are not adjustment and maintained regularly. There is no protection in 78% of the shafts used between the plant protection machine and the tractor. There is no clean water tank in about half of the machines. The maximum operating pressures are not written on the pressure hoses and are not in a housing. Necessary measures should be taken to ensure that the machines meet the health and safety requirements for product safety.

Keywords: Sprayer, Health and safety in agriculture, Product safety, New approach, CE marking

1. Giriş

Tarım bugün, gelişmiş ülkeler de dâhil olmak üzere birçok ülkede en tehlikeli sektörden biridir. Tarım işlerindeki sağlık ve güvenlik uygulamalarını diğer işlerden ayıran temel özellikler; iş yeri ve yaşam alanının aynı yerde olması ve genellikle tüm aile üyelerinin iş ile iç içe yaşaması ve çalışması, tarımsal üretim yapılan alanların küçüklüğü nedeniyle kısa süreler için oluşturulan sağlıksız yaşam koşulları, tarımsal üretimin mevsimlik olması ve belirli işlerin birbiri ardına kısa sürede yapılması nedeniyle çalışanların kayıt dışı olması, yoğun mevsimlik işgücü gerektirmesi ve işgücünün sürekli yer değiştirmesi, işlerin büyük çoğunluğunun açık alanlarda yapılma zorunluluğu, kimyasal kullanımının kontrolsüz artışı ve pestisit satış ve uygulamasının yeterince denetlenememesi, tarımda iş sağlığı ve güvenliği standart ve yönetmeliklerinin olmayışı ya da uygulama güçlükleri, çalışanların eğitim düzeyinin düşüklüğüne bağlı sağlık ve güvenlikleri üzerinde kontrollerinin yetersizliği, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konularında bilgilendirilmemiş olması vb. şeklinde sıralanabilir (Yurtlu ve ark., 2015).

Ülkemizde tarımsal üretimde ürün kaybının önüne geçilmesi için uygulanan bitki koruma faaliyetlerinin büyük bir kısmı bitki koruma makineleri kullanılarak yapılan kimyasal mücadele şeklinde olmaktadır. Bu makineler kimyasal mücadele ilaçlarını tekdüze olarak bitkilere veya toprağa dağıtmakta ve böylece etkili bir mücadeleyi mümkün kılmaktadır. Tarımsal mücadelede kullanılan pülverizatörlerin özellikleri, pestisitlerin etkilerini sınırlamak, tarımsal mücadelenin etkin bir şekilde yürütülmesini ve kimyasalın hedef bitkiye doğru bir şekilde ulaşmasını sağlamak açısından önemlidir.

Bitki koruma makineleri, hem bir tarım makinesi olarak kazalara sebebiyet vermesi açısından hem de kimyasal uygulamada kullanılan bir makine olması nedeniyle, etkili tarımsal savaş yapılmasındaki önemini yanı sıra, operatörlerin sağlık ve güvenliği, çevresel etkiler ve gıda güvenliği gibi çok yönlü önem ve etkileri olan makinelerdir. Bitki koruma amacıyla pestisit uygulanmasında kullanılan makineler, kimyasal ürünlerin uygulanmasında kullanıldığından operatör için mekanik tehlikeleri barındırmakla birlikte diğer canlılar ve çevre açısından kimyasal bulaşması, zehirlenmeler, meslek hastalıkları, çevre kirliliği vb birtakım sorunları da bünyesinde barındırmaktadır. Bu sorunların sebepleri kullanım alışkanlıkları, makinenin ayar ve bakımlarının doğru bir şekilde yapılmaması, pestisit kullanımında yanlış uygulamalar, kişisel koruyucu donanım kullanmama, talimat el kitabının okunmaması, kullanıcıların eğitim ve bilgi eksikliği vb şeklinde açıklanabilir.

İş güvenliği çalışmaları çerçevesinde konu ile ilgili çalışanların üzerinde anlaşmaya vardığı en önemli nokta “önce güvenli makine/tasarım/imalat sonra eğitim” anlayışıdır. Bu nedenle tarımda çalışanlar tarafından kullanılacak her türlü ürün/makine/sistemin kabul görmüş güvenlik standartları içerisinde tasarlanması ve üretilmesi sağlanmalıdır (Yurtlu ve ark., 2010).

Ülkemizdeki bitki koruma makinelerinin imalatı, piyasaya sürülmesi ve kullanımı konularını kapsayan iki yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan biri tüketicinin kullanımına sunulan ürünlerin taşınması gereken asgari sağlık ve güvenlik gereksinimleri yaklaşımı olarak özetlenebilecek ürün güvenliği yaklaşımı, diğeri Zirai Mücadele Alet ve Makineleri Yönetmeliği ile ilgili uygulamalardır. Piyasada bulunan tarım makinelerinin temel sağlık ve güvenlik gereksinimlerini karşılaması ve tarımda güvenli çalışma koşullarının temellerinden biri olan güvenli ürün koşulunun sağlanması açısından yürürlükte olan 2006/42/AT Makine Emniyeti Yönetmeliği'nin tam olarak uygulanması büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2019). 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliği'nin amacı; makinelerin usulüne uygun şekilde kullanıldığında, bakımı yapıldığında ve amaçlar doğrultusunda kullanıldığında, insan sağlığına, güvenliğine, çevre ve canlılara zarar vermiyorsa piyasaya arz edilmelerini, tasarım ve imalat aşamasında uyulması gereken temel emniyet şartları ile takip edilmesi gereken uygunluk değerlendirme prosedürlerini ve uygunluk değerlendirmesi yapacak onaylanmış kuruluşların görevlendirilmesinde dikkate alınacak asgari kriterleri düzenlemektir. 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliği'ne ek olarak 02.04.2011 tarih ve 27893 sayılı Resmi Gazete 'de “Makine Emniyet Yönetmeliği (2006/42/AT)’nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” yayımlanarak bu yönetmelikte Bitki Koruma Makineleri için ilave sağlık ve güvenlik gereksinimlerinin neler olduğu tanımlanmıştır. Bu yönetmelikte, Madde 11'de belirtildiği şekilde Ek-1'in “Belirli makina kategorileri için ilave sağlık ve güvenlik gerekleri” başlıklı 2 numaralı paragrafı aşağıdaki şekilde değiştirilmiş ve bu paragrafa 2.3 numaralı paragraftan sonra gelmek üzere 2.4 numaralı paragraf eklenmiştir. Ülkemizde bitki koruma makinelerinin imalatı ve satışı ile ilgili olarak Tarım ve Ormanlık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından uygulaması yürütülen özel bir yönetmelik mevcuttur. Bu yönetmelik “Zirai Mücadele Alet ve Makineleri Hakkında Yönetmelik” adı ile 02.04.2011 tarih ve 27893 sayılı Resmi Gazete 'de

yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (Anonim, 2011). Bu yönetmeliğin amacı, sağlıklı ve güvenilir bitkisel üretimin yapılması, insan sağlığı ve çevreye duyarlı mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi için entegre mücadele programlarının ve uygulama projelerinin hazırlanması, yürütülmesi ve yaygınlaştırılmasıdır. Bu yönetmelik; tüm zirai alet ve makinelerinin onayı, imalatı, ruhsatlandırılması, bayiliklerin görev ve sorumlulukları, piyasaya arzı ve denetimleri ile ilgili usul ve esasları kapsar. Bakanlıkça onaylı bitki koruma alet ve makineleri, imal izin belgesi, ruhsat alınması ve deney testleri yapılması koşullarından sonra piyasaya sunulabilir. Piyasaya sunulan bitki koruma makinesinin satışları bayilik izin belgesi almış gerçek ve tüzel kişiler tarafından yapılır. Bitki koruma makinesinin imalatçısı veya yetkili temsilcisi, risk değerlendirmesi ve azaltılması sürecine uygun olarak pestisitlerin istemsiz çevreye yayılımı ile ilgili bir değerlendirmenin yapılmasını sağlamalıdır. Bitki koruma makineleri, yukarıda bahsedilen risk değerlendirmesinin sonuçları düşünülerek tasarlanmalı ve yapılmalıdır. Bu sayede makine, çevreye istem dışı pestisit püskürtülmeksizin çalıştırılabilir, ayarlanabilir ve bakımı yapılabilir.

Demir (2005), çalışmasında Tekirdağ ili ve çevresinde yer alan tarımsal işletmelerin, ilaçlama makineleri açısından mekanizasyon durumu, makineler ile ilgili sorunları ve bu makinelerin bakım, onarım, satın alma vb. ihtiyaçlarını nasıl belirlediklerini saptamayı amaçlamıştır. Bu amaçla çiftçilerle anketler yapılmış, bu doğrultuda sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Anket sonuçlarına göre, çiftçilerin makinelerin bakım ve ayarlarına dikkat etmedikleri, eksikliklerini giderebilmek için ilgili kuruluşların eğitim seminerleri vermeleri durumunda bunlara katılmak istediklerini belirttiklerini ortaya koymuştur. Yurtlu ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de imal edilerek piyasaya sunulan bitki koruma makinelerini ürün güvenliği açısından değerlendirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla ilgili yönetmelik kapsamında uygulamada olan TS EN 907 ürün güvenliği standardına göre bir kontrol listesi oluşturularak inceledikleri 35 makine üzerinde değerlendirmeler yapmışlardır. Araştırma sonucunda, piyasaya sunulan makinelerde zayıf ve güçlü yönleri tespit ederek imalatçılara yol gösterici değerlendirmeler yapmaya çalışmışlardır. Velioğlu (2016), yaptığı çalışmada, makinelerin 2006/42/AT Makine Emniyeti Yönetmeliği’ne uygunluklarını belirlemeye yönelik olarak “Makine Uygunluk/Risk Değerlendirmesinin” bilgisayar programı yardımıyla yapılmasını amaçlamıştır. Araştırmacı “Makine Risk İndeksi” adı verilen bir yaklaşım geliştirerek makine üzerinde bulunan risklerin puanlaması, derecelendirilmesi ve azaltılmasını hedeflemiştir. Bu amaçla geliştirdiği bir modelle uygunsuzlukları sayısallaştırmış ve bu modeli esas alan web tabanlı bir program geliştirmiştir. Sisteme girilen bilgilerin işlenmesi sonucu program tarafından bir düzenleme listesi oluşturulmakta, imalatçıların bu kurala uyararak makinelerini mevzuata uygun bir şekilde üreterek “güvenli makine” hedefine ulaşması amaçlanmaktadır.

Bitki koruma uygulamalarında yoğun olarak kullanılan makinelerin yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında ürün güvenliği gereksinimlerini karşılamaları, bu uygulamalarda iş güvenliğini tesis edebilmenin ilk şartıdır. Bu araştırmanın amacı, pilot bir il olarak belirlenen Tokat İlinde kullanılan bitki koruma makinelerinin güvenlik durumlarını inceleyerek iş güvenliği açısından bir değerlendirme yapmaktır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma materyalini, pilot il olarak seçilen Tokat ili Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde çiftçilerden anket yoluyla elde edilen bilgiler, bu çiftçilerin kullandıkları bitki koruma makineleri üzerinde yapılan incelemeler ve araştırma bölgesinde yapılan gözlemler oluşturmaktadır. Anketler ve incelemeler, 2016 yılı Mart, Nisan ve Haziran aylarında yapılmıştır. Anket çalışması yapılacak ilçeler belirlenirken, bitki koruma makinelerinin yoğun olarak kullanılma durumu ve Tarım ve Ormanlık Bakanlığı Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verileri referans alınmıştır. Bu çalışmada anket verilerinin elde edilmesinde Tokat İlini temsil eden, bitki koruma makinelerinin yoğun olarak kullanıldığı Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçeleri seçilmiştir. Örnek büyüklüğü belirlenirken ÇKS verilerinden yola çıkılarak 4 ilçedeki çiftçilerden çalışmada hata payı %5 olarak kabul edilerek %95 güven derecesinde 164 adet örnek sayısı tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Optimum örnek hacmi hesaplamasında aşağıda yer alan Eşitlik 1 kullanılmıştır (Yamane, 1967):

$$n = \frac{N \sum N_h S_h^2}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad \text{Eş.(1)}$$

Eşitlikte; n: anket yapılacak işletme sayısını, N: ana kitlede bulunan işletme sayısını, N_h: her bir tabakadaki işletme sayısını, S_h: her bir tabakadaki standart sapmayı ve D: çalışmada izin verilen hata payını ifade etmektedir.

Yapılan anketlerin ilçelere göre dağılımı ve yüzdeleri, Tablo 1’de yer almakta olup ÇKS verilerindeki çiftçi sayılarına göre hazırlanmıştır.

Tablo 1. Anket yapılan ilçeler ve anketlerin sayısal dağılımı
Table 1. Districts surveyed and numerical distribution of surveys

İlçeler	Anket Sayısı (Adet)	Dağılım (%)
Zile	53	32.3
Erbaa	46	28.0
Niksar	38	23.2
Artova	27	16.5
Toplam	164	100

Anket soruları, çiftçilerin kullandıkları bitki koruma makineleri ile ilgili bilgi almak ve ürün güvenliği açısından durumlarını belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu amaçla 2006/47/Makine Emniyet Yönetmeliği ve TS EN ISO 4254-6:2010 Tarım Makinaları-Güvenlik-Bölüm 6: Pülverizatörler ve sıvı gübre dağıtıcıları standardı gereksinimleri göz önüne alınmıştır (Anonim, 2010). Anket formlarının işlenebilirliğinin test edilmesi için önce pilot çalışma uygulanmış, bazı sorular araştırmaya uygun olmadığı düşünülerek anket formundan çıkartılmış ve araştırmaya uygun olduğu varsayılan sorular ise anket formuna eklenmiştir. Anketler, araştırmacılar tarafından bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerle birebir görüşmeler yoluyla ve kullandıkları makineler incelenerek yürütülmüştür. Anket yapılırken, görüşülen kişilere anlaşılmayı pekiştirmek için bazı sorular açıklanmış, böylece soruların yanlış anlaşılma durumu ortadan kaldırılarak elde edilen verilerin güvenilirliği ve doğruluğu artırılmaya çalışılmıştır. Anket çalışması için görüşme yapılan çiftçiler Zile, Artova, Erbaa ve Niksar ilçelerinde bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerden tesadüfi olarak belirlenmiştir. Anket formlarında yer alan veriler SPSS paket programında analiz edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bitki Koruma Makineleri ile İlgili Bilgiler

Çiftçilerin kullandıkları bitki koruma makinesi türü, temin etme yolları, kullanma sıklığı vb konulara ilişkin durumlarına ait veriler Tablo 2’ de yer almaktadır.

Tablo 2. Bitki koruma makinelerine ait bilgiler
Table 2. Information on plant protection machines

	Kişi Sayısı	Dağılım (%)	
Bitki koruma ürünlerini uygularken kullanılan makine	Tarla pülverizatörleri	164	100
	Bahçe pülverizatörleri	0	0
	Bağ pülverizatörü	0	0
	Sırt pülverizatörü	0	0
	Elle çalıştırılan sırt pülverizatörü	0	0
	Tohum ilaçlama makinesi	0	0
	Kendi yürür pülverizatör	0	0
Makineleri temin etme yolları	Kendime ait	164	100
	Komşumdan alıyorum	0	0
	Kiralıyorum	0	0
	Kooperatiften kiralıyorum	0	0
	Ortak kullanıyorum	0	0
	Diğer	0	0

Arıza, tamir ve bakım ihtiyacında başvurulan yer	Kendi tecrübelerimle yaparım	62	37.8
	İmalatçı ya da satış bayiine danışırım	11	6.7
	Talimat el kitabına uyarım Komşulara sorarım	10	1.2
		2	1.2
	Diğer (sanayide tamirci)	79	48.2
Bitki koruma makinesini kullanma sıklığı	Ayda bir	0	0
	3 ayda bir	2	1.2
	Tarlanın durumuna göre her zaman Ziraat mühendisine danışarak	141	86.0
		21	12.8
	Diğer	0	0
Makineyi satın alırken dikkat edilen faktörler	Fiyat uygunluğu	27	16.5
	Kredi imkânının sağlanması	14	8.5
	Sağlamlık ve dayanıklılık faktörü	46	28.0
	Depo kapasitesi	12	7.3
	Yedek parça bulma kolaylığı	23	14.0
	Tamir ve bakım kolaylığı	36	22.0
	Komşu tavsiyesi	6	3.7
	Rengine göre	0	0
Diğer	0	0	

Çiftçilerin tamamı bitki koruma ürünlerini uygularken tarla pülverizatörleri kullanmakta olup makineler kendine aittir. Makine ile ilgili arıza, tamir ve bakım ihtiyacında çiftçilerin yaklaşık %38'ikendi tecrübelerine göre bir çözüm yolu üretmektedir. Çiftçiler makineleri üretim desenlerine göre ihtiyaç olduğu her zaman, sıklıkla kullanmaktadır. Çiftçiler bitki koruma makinesini satın alırken sağlamlık ve dayanıklılık faktörü ile tamir ve bakım kolaylığını öncelikli olarak tercih nedeni olarak ifade etmişlerdir.

Bitki koruma makinelerinin kullanımı sırasında çiftçilerin karşılaştığı sorunlar ve son bir yılda karşılaşma sıklıkları incelendiğinde, bitki koruma makinelerinin kullanımı sırasında %69 oranında memelerde tıkanma, aşınma, akma vb problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu durumun sebebinin, memeler ile ilgili temizlik ve değiştirme işlemlerini zamanında ve doğru olarak yapmamaları olduğu tahmin edilmektedir. Nitekim, ikinci derecede karşılaşılan sorunlarını %25 ile bilinçsiz kullanım, temizlik, bakım vb işlemleri ihmal ya da geciktirme olarak ifade etmişlerdir.

3.2. Bitki Koruma Makinelerinin Ürün Güvenliği Açısından Durumu

Bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından durumları ile ilgili bilgiler Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3. Bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından durumları
Table 3. Plant protection machines status in terms of product safety

Makinelere ait bilgiler	Kişi sayısı	Yüzde (%)	
Makinedeki güvenlik aksamları ve donanımları	Çok iyi	4	2.4
	Yeterli	36	22.0
	Orta	121	73.8
	Yetersiz	3	1.8
	Çok Kötü	0	0
Mafsallı mil muhafazası	Evet	36	22.0
	Hayır	128	78.0
Hareketli mil muhafaza	Evet	17	10.4
	Hayır	147	89.6
Basınç göstergesi	Evet	161	98.2
	Hayır	3	1.8

Basınç göstergesini kontrol etme	Her çalışmada	32	19.5
	Ara sıra	71	43.3
	Nadiren	58	35.4
	Hiç	3	1.8
Aşırı basınç emniyet düzeneği	Evet	162	98.8
	Hayır	2	1.2
Vantilatör	Evet	0	0
	Hayır	164	100
Bumlar için elle çalıştırılan açma-kapama kumandası	Evet	26	15.9
	Hayır	138	84.1
Bumlar açılırken kıştırma tehlikesi olmadan yapılması	Evet	1	0.6
	Hayır	163	99.4
Depo girişi 400 mm den büyük mü	Evet	60	36.6
	Hayır	104	63.4
Depo doldurma ağzının yerden yüksekliği ölçüsü	<1300	18	11.0
	1300	105	64.0
	1300<	41	25.0
Depo doldurma ağzının depo kenarı uzaklığı ölçüsü	<300	5	3.0
	300	113	68.9
	300<	46	28.1
Kapağın makineye bağlı olması	Evet	27	16.5
	Hayır	137	83.5
Seviye göstergesi	Evet	164	100
	Hayır	0	0
Nominal hacmin işaretlenmesi	Evet	144	87.8
	Hayır	20	12.2
Depo boşaltma vanası	Evet	164	100
	Hayır	0	0
Depo boşaltma düzeneğinin operatörün sıvı ile temasını engelleme	Evet	24	14.6
	Hayır	140	85.4
Hortumlar üzerindeki çalışma basıncı	Yazılı	6	3.7
	Yazılı değil	158	96.3
Hortumların muhafazası	Evet	20	12.2
	Hayır	144	87.8
Temiz su deposu	Evet	81	49.4
	Hayır	83	50.6
Makineyi kullanmadan önce kullanım, tamir, bakım ve ayarlarla ilgili bilgi edinme	Kullanım kılavuzundan	18	11.0
	Makine imalatçısı ya da bayiinden	15	9.1
	Ziraat mühendisinden	8	4.9
	Komşumdan	12	7.3
	Kendi tecrübelerimle	111	67.7

Çiftçilere makinedeki güvenlik aksamları ve donanımları hakkındaki bilgileri sorulduğunda çiftçilerin yaklaşık %74'ü orta düzeyde bilgi sahibi olduklarını ifade etmişlerdir. Çiftçilerin yaklaşık %10'u ziraat mühendisinden, %1'i ziraat odası ve çiftçi birliğinden, %12'si il ve ilçe tarım müdürlüğünden, %6'sı imalatçı ve satış bayiinden, %3'i komşu çiftçilerden ve %5' u kullanım kılavuzundan makinenin güvenlik aksamları ve donanımları ile ilgili bilgi edindiklerini belirtirken %63'i hiçbir yere danışmayıp kendi tecrübelerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Çiftçilerin kullandıkları bitki koruma makinelerinin, %78'inde mafsallı mil muhafazası, %90'ında ise makine üzerindeki hareketli miller üzerinde muhafaza bulunmamaktadır. Makinelerin basınç göstergesi %98'sinde bulunmakla birlikte göstergelerin kontrol durumu zayıftır. Bumlar için açma kapama düzeneğinin makinelerin %84'ünde olmadığı görülmüştür. Bumlar elle açılırken makinelerin tamamında kıştırma tehlikesi olmaktadır. Çiftçilerin elinde bulunan makinelerin %84'ünde depo kapağı makineye bağlı değildir. İncelenen makinelerin tamamında seviye göstergesi vardır. Makinelerin %88'inde nominal hacim işaretli iken %12'sinde işaretli değildir. Depo boşaltma vanası makinelerin tamamında vardır. Ancak incelenen bitki

koruma makinelerinin %85’inde depo boşaltma düzeneği operatörün sıvı ile temasını engelleyecek şekilde değildir. Makinelerin %97’sinde hortumlar üzerinde en fazla çalışma basıncı yazılı değildir ve %88’inde hortum muhafazaları bulunmamaktadır. Makinelerde %51 oranında temiz su deposu yoktur. Çiftçilerin makineyi kullanıma hazırlama aşamasında kullanmadan önce kullanım, tamir, bakım ve ayarlarla ilgili bilgileri %11’i kullanım kılavuzundan, %9’u makine imalatçısı ve satış bayiinden, %5’i ziraat mühendisinden, %7’si komşulardan yardım alarak yaparken, %68’ i kimsenin yardımını almadan kendi bilgi ve becerileri ile yaptıklarını belirtmişlerdir. Bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından irdelendiği bu çalışmada çiftçilerin kullandığı bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği, makinenin üzerindeki güvenlik aksamaları ve muhafazalar açısından yeterli düzeyde olmadıkları görülmektedir. Çiftçilere güvenli kullanım ve ürün güvenliği ile ilgili yeterli seviyede bilgi aktarımı söz konusu değildir.

4. Sonuç

Tokat ilinde çiftçilerin yoğun olarak kullandığı bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği durumunun incelendiği bu çalışmada aşağıda yer alan belirlemeler yapılmıştır:

- Bitki koruma makinesi kullanan çiftçilerin ürün güvenliği hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi değildirler.
- Bitki koruma makinelerinin %78’inin mafsallı mil muhafazası yoktur.
- Basınç göstergeleri bulunmakla birlikte göstergelerin doğruluğu kontrol edilmemektedir.
- Bitki koruma makinelerinin %51’inde temiz su deposu bulunmamaktadır.
- Basıncılı sıvı taşıyan hortumlar üzerinde en yüksek çalışma basınçları yazılı olmayıp bu hortumlar muhafaza içine alınmamıştır.
- Çiftçilerin kullanma bilgileri konusunda destek almamaktadırlar.

Yapılan bu araştırma ile çiftçilerin kullandıkları makinelerde ürün güvenliği sorunları bulunduğu belirlenmiştir. Bitki koruma makinelerinin iş güvenliği kuralları çerçevesinde kullanılabilmesi için öncelikle makinelerin imalatçı tarafından güvenli olarak imal edilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle makinelerin imalat ve piyasaya arz aşamasında kontrol ve denetlemelerinin uygun bir şekilde yapılması sağlanmalıdır. Böylece bu makineler güvenli olarak çiftçilerin kullanımına sunulabilir. Makinelerin bu şekilde kullanıma sunulmasının ardından, makineleri kullanacak çiftçiler için eğitim çalışmaları yürütülerek bu makinelerin güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlanmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında PYO.ZRT.1904.15.008 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Anonim (2019). 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliği. 03.03.2009 Tarih ve 27158 Sayılı Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr>. (erişim tarihi: 01.10.2019).
- Anonim (2011). Ziraî Mücadele Alet Makineleri Hakkında Yönetmelik. 02.04.2011 Tarih ve 27893 Sayılı Resmi Gazete.
- Anonim (2010). Türk Standardı. TS EN ISO 4254-6:2010 Tarım Makinaları-Güvenlik-Bölüm 6: Pülverizatörler ve sıvı gübre dağıtıcıları. TSE, Ankara.
- Demir, C. (2005). *Tekirdağ ili tarım işletmelerinde kimyasal savaşmada kullanılan bitki koruma makinelerinin teknik özellikleri ve uygulama sorunlarının saptanması üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Velioğlu, H. (2016). *Tarım Makinelerine Yönelik Bir Risk Değerlendirme Yöntemi Geliştirilmesi ve Web Tabanlı Uygulaması*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yamane, T. (1967). *Elementary Sampling Theory*. Printice Hall Incorporated, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Yurtlu, Y.B., Koçtürk, B.Ö., Serim, A.T. (2008). Determination of safety level of some sprayers manufactured in Turkey, Proceedings, pp. 265-270, 14-17 October, 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Antalya, Türkiye.
- Yurtlu, Y.B., Ekmekci, K., Gölbaşı, M., Yeşiloğlu, E. (2010). Safer agriculture for employees in rural. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 6 (1), 1-4.
- Yurtlu, Y.B., Öz, E., Alayunt, F.N., Çakmak, B., Şimşek, Z. (2015). Tarımda İş Güvenliği ve Sağlığı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı 2, 1435-1454, 12-16 Ocak, Ankara.

Effects of Vermicompost Applications on Microelemental Contents of Olive Saplings' Production Material


Vermikompost Uygulamasının Zeytin Fidanlarının Üretim Materyalindeki Mikro Element İçerikleri Üzerine Etkisi


Korkmaz BELLİTÜRK¹, Hatice Sevim TURAN², Selçuk GÖÇMEZ³, Yusuf SOLMAZ^{1*}, Özlem ÜSTÜNDAĞ³, Aydın ADILOĞLU¹


Abstract


Disseminations of organic fertilizer use in olive sapling nursery is very important. When the saplings are developed well at the beginning, this will be important for root development after planting to land, decreasing the future yield lowness, and even obtaining large amount of high quality olive grain and oil, therefore studies about this subject are essential. In this study, Gemlik olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) variety saplings were grown with applications of different doses of the vermicompost that is an organic fertilizer (0, 5, 10, 20 and 40%) to production material and single dose of chemical fertilizer which is used commonly by planters (100% production material + chemical fertilizer). The micro nutrients content of the production material were analyzed. According to the results, the micro nutrients analysis of the production material used for the growth of olive saplings at the 3rd and 6th months was significant. Fe, Cu, Mn, Zn and B values as the average of all treatments were 12309.56, 34.74, 625.66, 52.61 30.85 at the 3rd month and 12066.24, 28.60, 507.03, 47.40, 29.98 mg kg⁻¹ at the 6th month. In general, 40% vermicompost (VC) + 60% production material (PM) increased the micro elemental content. Use of vermicompost in production material can be said to increase quality of production material and positively affect nourishment of olive saplings and their developments. Vermicomposting is a simple biotechnological process of composting, in which certain species of earthworms (*Eisenia foetida* etc.) are used to enhance the process of waste conversion and produce a better product. The use of vermicompost is important for the sustainability of agriculture. These results showed that the effects of different organic material (vermicompost) applications on olive sapling properties are important.


Keywords: Olive sapling, Vermicompost, Production material, Micro nutrients


*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yusuf Solmaz, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tekirdağ/Turkey. E-mail: yfsolmaz@gmail.com  OrcID: 0000-0003-2170-0375

¹ Korkmaz Bellitürk, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tekirdağ/Turkey. E-mail: kbellitirk@hotmail.com  OrcID: 0000 0003 4944 3497.

² Hatice Sevim Turan, Adress, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Olive Research Institute, İzmir/Turkey. E-mail: seturan@hotmail.com  OrcID: 0000 0003 4266 7420.

³ Selçuk Göçmez, Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Aydın/Turkey. E-mail: sgocmez@gmail.com  OrcID: 0000 0001 5987 363X.

³ Özlem Üstündağ, Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Aydın/Turkey. E-mail: zlmkrks@gmail.com  OrcID: 0000-0002-5516-5385.

¹ Aydın Adiloğlu, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Tekirdağ/Turkey. E-mail: aadiloglu@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-7926-509X.

Atıf/Citation: Bellitürk, K., Turan, H. S., Göçmez, S., Solmaz, Y., Üstündağ, Ö., Adiloğlu, A. Effects of Vermicompost Applications on Microelemental Contents of Olive Saplings' Production Material. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 285-291.

Özet

Zeytin fidanı yetiştiriciliğinde, organik gübrelerin kullanılmasının yaygınlaştırılması son derece önemlidir. Fidanlar başlangıçta sağlıklı olarak yetiştirildiğinde, araziye dikim sonrası oluşacak kök gelişimleri, ileride yaşanabilecek verim düşüklüklerinin azaltılması açısından ve hatta yüksek ve kaliteli zeytin dane ve yağının elde edilmesine yol açabileceğinden “zeytinde organik gübreleme” ile ilgili çalışmaların önem kazanmaya başladığı görülmektedir. Bu çalışmada zeytin (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) fidanı yetiştiriciliğinde kullanılan üretim materyaline organik gübre olarak vermikompostun farklı dozları (%0, 5, 10, 20, 40) ve üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılan kimyasal gübre tek dozda (%100 üretim materyali + kimyasal gübre) kullanılarak Gemlik çeşidi zeytin fidanları yetiştirilmiştir. Fidanların yetiştirildiği üretim materyalinin mikro element içerikleri analiz edilerek incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, zeytin fidanlarının yetiştirildiği üretim materyallerinin denemedeki 3. ve 6. ay yapılan mikro besin elementi analiz sonuçları istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Denemenin 3. ayında Fe, Cu, Mn, Zn ve B değerleri tüm uygulamaların ortalaması olarak sırasıyla 12309.56, 34.74, 625.66, 52.61, 30.85; 6. ayda ise 12066.24, 28.60, 507.03, 47.40 ve 29.98 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Genel olarak %40 VK (vermikompost) + %60 ÜM (üretim materyali) uygulamasının üretim materyalinin mikro besin elementleri içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Vermikompostun üretim materyali içerisinde kullanılmasının gerek üretim materyalinin kalitesine gerekse fidanların beslenmesine ve gelişimine oldukça olumlu katkılar sağlayabileceği söylenebilir. Vermikompost üretimi, atık dönüşüm sürecini geliştirmek ve daha iyi bir ürün üretmek için bazı solucan türlerinin (örneğin *Eisenia foetida* gibi türler) kullanıldığı basit bir biyo-teknolojik kompostlama sürecidir. Vermikompostun kullanımı sürdürülebilir tarım için oldukça önemlidir. Bu sonuçlar, farklı organik materyal (vermikompost) uygulamalarının zeytin fidanı özellikleri üzerine etkilerinin önemli olduğunu sonucunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Zeytin fidanı, Vermikompost, Üretim materyali, Mikro besin elementleri

1. Introduction

Olive cultivation is an important agricultural activity in the world and in our country. The growth of olive nursery is increasingly popular agricultural activity in our country in recent years. However, there is no enough available source for the use of the most appropriate fertilizer (generally organic fertilizer) in the cultivation of olive nursery. Growing olive saplings is a situation that requires important information. Producers do this work generally by using chemical fertilizers. The most commonly used chemical fertilizers are 20-20-0, 15-15-15 and 18-46-0 (DAP) composed fertilizers. Some producers also use cow manure to produce olive saplings. However, such organic fertilizers may also cause problems if not properly prepared. Therefore, there is a lack of information about what should be the most suitable organic fertilizer. In this study, it is planned to use worm manure (vermicompost) which is considered suitable for olive seedling production. However, this study was planned because there is not enough information about which dose of vermicompost should be used. In this study, the chemical fertilizer which is commonly used by the farmers as a chemical fertilizer (100% production material + chemical fertilizer) and the organic fertilizer which is used in different doses (0%, 5%, 10%, 20% and 40% vermicompost) as vermicompost are used for the production of olive sapling. Young plants of olive cultivar Gemlik (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) were grown using 36 pots, totally 6 applications, 3 replications and 2 periods (Period A: 3rd month, Period B: 6th month). The experiment lasted 6 months and has been carried out in 2-stage, 3-month, in the laboratory with controlled conditions. At the end of the third and sixth months of the experiment, some micro nutrients (Fe, Mn, Zn, Cu, B) analyzes were made in the plant samples and potted production materials. In the direction of the project results, we can say that vermicompost can be used easily in production material in growing olive sapling. According to the results, the highest contents of all the micro nutrients were obtained from 40% VC (vermicompost) + 60% PM (production material) after the 6th month of the trial. If the V is to be used in olive sapling cultivation, it will be beneficial for the producers to consider this situation. This study also includes information that will help in the preparation of PM that should be used in olive sapling production.

Olive is a plant with increasing importance as a factor in healthy human nutrition and as flavor at the table. According to TUIK (2018), data the area of olive orchard in Turkey is 864,428 ha and total olive trees are 177,843,966. Among these trees, 126,874,171 of them are for oil production, 50,969,795 are grown to be table olive. Fertilization studies for olive orchards become more important in recent years. Although, especially the young saplings, give yield every year, major changes have been observed in olive tree development in olive orchards due to global climate changes. Besides, yield differences between the trees became very frequent. Therefore, in order to decrease the yield lowness and maintaining the healthy development of trees, the need for the condensation of studies about fertilization of olive plants appeared. Moreover, dissemination of organic fertilizer use for olive plants is important as well. When the saplings are developed well at the beginning, this will be important for root development after planting to land, decreasing the future yield lowness, and even obtaining large amount of high-quality olive grain and olive oil, therefore studies about this subject are essential.

Vermicompost is produced by the digestion of organic material by worms and it is a material that has many positive effects on plant development, soil amelioration, plant health and environment (Fritz et al., 2012; Bellitürk et al., 2013 and 2015; Göçmez et al., 2019). According to the results of a recent study, some plants grown by vermicompost applications play important roles in remediation of heavy metals from the soil (Bellitürk et al., 2015; Shrestha et al., 2019).

In this study, Gemlik olive variety saplings were grown for 6 months with different amounts of vermicompost added to the production material commonly used for olive nursery. Micro elemental content analyses of the production material were carried out at the 3rd and 6th months of the study.

2. Materials and Methods

This study was carried out in controlled laboratory conditions for 6 months. Saplings of Gemlik olive variety were grown; chemical fertilizer and vermicompost were applied to production material of these saplings.

The treatments to the pots on which olive saplings were grown were as follows: **1-** Production material (1/3 soil + 1/3 peat + 1/3 sand as a volume), **2-** 100% production material + chemical fertilizer (15-15-15), **3-** 5% vermicompost

+ 95% production material, **4-** 10% vermicompost + 90% production material, **5-** 20% vermicompost + 80% production material, **6-** 40% vermicompost + 60% production material. Micro elemental analyses of the peat and the soil used in production material used in the pots were carried out (Table 1). Olive saplings were harvested at the 3rd and 6th months of the trial and micro nutrients content analyses of the corresponding periods were done.

The micro nutrients contents (iron, copper, manganese, zinc and boron) analyses of the soil and the peat in the production material were carried out with ICP-OES using the filtrate obtained from microwave burning with H₂O₂ + HNO₃ (Zarcinas et al., 1987). The iron, copper, manganese and zinc analyses of the soil used in the production material were done with ICP-OES using the filtrate obtained by extracting the samples by DTPA (pH 7.3) (Lindsay and Norvell, 1978). Boron analysis was done with ICP-OES after extracting the samples with 0.01 M mannitol + 0.01 M calcium chloride (Kacar and Fox, 1966). The study contained 6 treatments x 3 replicates x 2 periods = 36 olive sapling. The statistical analyses of the results were carried out by SPSS 11.0 software (SPSS, 2009).

Table 1. Microelement Analysis Results of Soil, Vermicompost and Peat Used in the Production Material

Parameters	Unit	Soil	Peat	Vermicompost
Fe	mg kg ⁻¹	10.62	2558.03	8416.43
Cu	mg kg ⁻¹	1.05	20.73	499.17
Mn	mg kg ⁻¹	10.33	54.35	380.39
Zn	mg kg ⁻¹	0.58	25.07	379.95
B	mg kg ⁻¹	0.55	11.59	75.75

3. Results and Discussion

The micro nutrients analysis results of the production material after the 3rd month are given in Table 2.

Table2. The Analysis Results of Micro Nutrient Contents of the Production Material at the End of 3rd Month

Applications	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
100 % PM	12338.45	13.52	576.24	31.87	30.15
100 % PM	12411.10	14.70	575.77	34.70	29.78
100 % PM	12544.24	12.18	572.31	33.40	28.68
100 % PM+ CF	12630.00	14.68	607.71	41.53	30.11
100 % PM+ CF	12548.37	13.99	602.85	40.89	30.20
100 % PM+ CF	12684.59	14.69	607.38	40.38	30.14
5% VC+ 95%PM	11928.09	42.48	615.25	44.25	29.00
5% VC+ 95%PM	11648.04	42.33	619.02	43.38	28.12
5% VC+ 95% PM	11287.37	41.56	617.79	44.19	27.76
10% VC+90% PM	12154.78	39.55	635.99	53.35	28.73
10% VC+90% PM	12286.34	37.71	633.02	51.78	28.14
10% VC+90% PM	12102.75	40.89	636.27	52.65	28.81
20% VC+80% PM	12276.58	42.29	655.00	65.52	30.05
20% VC+80% PM	12734.72	46.79	654.18	65.39	31.94
20% VC+80% PM	12269.34	44.57	654.13	66.01	32.38
40% VC+60% PM	12233.63	54.00	663.18	78.87	37.57
40% VC+60% PM	12615.11	53.67	669.08	79.84	36.83
40% VC+60% PM	12878.61	55.69	666.72	79.02	36.89

The lowest Fe was found in 5% VC + 95% PM, and the highest in 40% VC + 60% PM; the lowest Cu was determined in 100% PM while the highest was in 40% VC + 60% PM; the lowest Mn was found in 100% PM, the highest Mn was in 40% VC + 60% PM; the lowest Zn content was obtained from 100% PM and the highest Zn was obtained from 40% VC + 60% PM; the lowest B was in 5% VC + 95% PM, the highest B was in 40% VC + 60% PM (Table 2).

The highest contents of all the micro nutrients were obtained from 40% VC + 60% PM after the 6th month of the trial. This shows that addition of vermicompost into the production material increases the micro nutrient contents and therefore the plants can benefit more from these elements.

The micro nutrients analysis results of the production material after the 6th month are given in Table 3.

Table 3. The Analysis Results of Micro Nutrient Contents of the Production Material at the End of 6th Month

Applications	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
100% PM	11356.35	12.24	466.32	31.24	27.32
100% PM	11335.65	13.64	468.95	32.58	27.87
100% PM	11359.22	12.65	462.31	33.65	28.12
100% PM+CF	11854.32	13.65	489.95	35.85	29.21
100% PM+CF	11882.21	14.54	481.32	36.74	29.65
100% PM+CF	11887.39	14.89	485.28	36.87	29.51
5% VC+95% PM	11155.62	20.21	499.95	39.34	28.85
5% VC+95% PM	11146.32	20.22	495.65	40.12	27.45
5% VC+95% PM	11151.84	20.20	497.51	40.55	27.21
10 % VC+90% PM	12556.32	25.25	501.25	41.55	28.15
10% VC+ 90% PM	12587.21	26.54	502.68	41.87	28.52
10% VC+ 90% PM	12536.65	26.87	509.87	42.98	27.51
20% VC+ 80% PM	12654.32	41.70	525.68	60.75	30.05
20% VC+ 80% PM	12687.25	41.35	532.65	61.82	30.66
20% VC+ 80% PM	12697.84	42.58	528.97	61.55	30.94
40% VC+ 60% PM	12789.65	55.66	555.87	71.51	36.21
40% VC+ 60% PM	12798.54	56.98	564.87	72.46	36.71
40% VC+ 60% PM	12755.61	55.64	557.52	71.81	35.73

The lowest Fe content was obtained from 5% VC + 95% PM and the highest from 40% VC + 60% PM, the lowest Cu content was found in 100% PM and the highest in 40% VC + 60% PM, the lowest Mn content was in 100% PM and the highest Mn content was in 40% VC + 60% PM, the lowest Zn content determined in 100% PM and the highest in 40% VC + 60% PM and finally the lowest B content was found in 5% VC + 95% PM and the highest B content was obtained from 40% VC + 60% PM. The highest content of all elements at the end of 6th month were obtained by the treatment of 40% VC + 60% PM similar to 3rd month results. This situation again shows that enriching the production medium with vermicompost increases the micro nutrients contents of the medium in which olive saplings were grown. Hence, the plants can benefit more from the micro nutrients they require.

The micro nutrient analysis results of the production materials after 3rd and 6th months are given in Table 4.

Table 4. Statistical Analysis Results of the Micro Nutrient Contents of Production Material at the End of 3rd and 6th Months

Applications	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
3rd Month					
100% PM	12431.26 ab	13.46 e	574.77 f	33.32 f	29.53 cd
100% PM+CF	12620.98 a	13.45 e	605.98 e	40.93 e	30.15 c
%5 VC+%95 PM	11621.16 c	39.38 d	617.35 d	43.94 d	28.29 d
%10 VC+%90 PM	12181.29 b	42.12 c	635.09 c	52.59 c	28.56 d
%20 VC+%80 PM	12426.88 ab	44.55 b	654.43 b	65.64 b	31.45 b
%40 VC+%60 PM	12575.78 ab	54.45 a	666.32 a	79.24 a	37.09 a
6th Month					
100% PM	11350.40 e	12.84 f	465.86 e	32.49 f	27.77 d
100% PM+CF	11874.64 d	14.36 e	485.51 d	36.48 e	29.45 c
5% VC+ 95% PM	11151.26 f	20.21 d	497.70 c	40.00 d	27.83 d
10%VC+ 90% PM	12560.06 c	26.22 c	504.60 c	42.13 c	28.06 d
20% VC+80% PM	12679.80 b	41.87 b	529.10 b	61.37 b	30.55 b
40% VC+ 60% PM	12781.26 a	56.09 a	559.42 a	71.92 a	36.21 a

The highest Fe content was observed at 100% PM, 100% PM + CF, 20% VC + 80% PM and 40% VC + 60% PM (Table 3) . The highest Cu, Mn, Zn and B contents were obtained from 40% VC + 60% PM for both 3rd and 6th month. Ramnarain et al. (2019) revealed that vermicompost is rich in plant micro nutrients. Barlas et al. (2018) expressed that vermicompost was an important nutritional source for their study on wheat. Alidadi et al. (2014) stated a similar result for their study on tomato plant as vermicompost was a potential nutrients source. Sönmez and Özen (2019) showed that increased amounts of vermicompost applications increased the available Zn and Mn contents in the experiment soils.

4. Conclusions

There have been many studies on the contents of production materials used for olive sapling production. The contents of production materials are important in terms of plant development. Vermicompost, when considered alone, is more than an organic fertilizer, it is a good soil ameliorator and an environmental and economical material that makes culture plants resistant to diseases (Bellitürk, 2016). The use of such organic fertilizers for important culture plants like olive has many advantages. Therefore, addition of vermicompost to production material of olive sapling is considered to be advantageous for both the quality of the production material and plant development. The results of this study revealed that vermicompost application to olive saplings' production materials a positive implementation for the uptake of microelements by the plants. The results obtained from the study answer the various questions of olive saplings producers. It is also important to note that the use of organic fertilizers, especially in production materials, gives favorable results compared to those used only chemical fertilizers. Adding organic fertilizers to the production material is also important for plant health and quality. Further studies are needed on this subject. This study contains results that can guide future studies especially micro nutrients.

Acknowledgment

This study was financially supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Tekirdağ Namık Kemal University (Project No: NKUBAP.03.GA.16.036).

References

- Alidadi, H., Saffari, A.R., Ketabi, D., Peiravi, R., Hosseinzadeh, A. (2014). Comparison of vermicompost and cow manure efficiency on the growth and yield of tomato plant. *Health scope*, 3(4); e14661.
- Barlas, N.T., Cönkeroğlu, B., Unal, G., Bellitürk, K. (2018). The effect of different vermicompost doses on wheat (*Triticum vulgare* L.) nutrition. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(2): 1-4.
- Bellitürk, K., Aslan, S., Eker, M. (2013). The importance of vermicompost obtained from the worms called as the ecosystem engineers in terms of plant production. *Harvest (Plant Production) Monthly Agriculture Journal*, September, İstanbul, 29(340): 84-87.
- Bellitürk, K., Shrestha, P., Görres, J.H. (2015). The importance of phytoremediation of heavy metal contaminated soil using vermicompost for sustainable agriculture. *Rice Journal*, 3: (2,6): e114.
- Bellitürk, K. (2016). Vermicompost technology for solid waste management in sustainable agricultural production. 7th National Plant Nutrition and Fertilizer Congress, October 12-15, 2016. *Çukurova Agriculture and Food Sciences Journal*, 31(3): 1-5 (Special Issue), Adana, Turkey.
- Fritz, J.I., Franke-White, I.H., Haindl, S., Insam, H., Braun, R. (2012). Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology*, 58:836-847.
- Göçmez, S., Bellitürk, K., Görres, H.J., Turan, H.S., Üstündağ, Ö., Solmaz, Y., Adiloğlu, A. (2019). The effects of the use of vermicompost in olive tree farming on microbiological and biochemical characteristics of the production material. *Erwerbs-Obstbau*, (2019): 1-8.
- Kacar, B., Fox, R.L. (1966). Boron status of some Turkish soils. University of Ankara, Yearbook of The Faculty of Agriculture, Ankara, 9-11p.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42:421-428.
- Ramnarain, Y.I., Ansari, A.A., Ori, L. (2019). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8:23-36.
- Shrestha, P., Bellitürk, K., Görres, J.H. (2019). Phytoremediation of heavy metal-contaminated soil by switchgrass: a comparative study utilizing different composts and coir fiber on pollution remediation, plant productivity, and nutrient leaching. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7): 1261 (1-16).
- Sönmez, S., Özen, N. (2019). Change of nutritional elemental contents depending on different incubation periods and vermicompost applications. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32 (Special Issue): 121-125.
- SPSS (2009). IBM SPSS Statistics Package Programme, Version 18.
- TÜİK (2018). Database, Plant Production Statistics, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (June, 2019).
- Zarcinas, B.A., Cartwright, B., Spauncer, L.P. (1987). Nitric acid digestion and multielement analysis of plant material by inductively coupled plasma spectrometry. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 18:131-147.

Sıvı Nitrojende Depolanan *Ephestia kuehniella* Zell. Yumurtalarında *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko Türlerinin Kitle Üretimlerinin Araştırılması

Mass Production of *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko Using *Ephestia kuehniella* Zell. Eggs Stored in Liquid Nitrogen

Şennur BAŞÜĞÜT¹, Nihal ÖZDER^{2*}

Özet

Biyolojik kontrol amacıyla Türkiye'de çalışılan birçok parazitoid türü vardır. Trichogrammatidae familyası da bunlar arasındadır. *Trichogramma türleri*, bitkilerde zararlı olan Lepidoptera takımının yumurtalarına karşı özellikle kullanılmaktadır. Bitkilere zarar vermeden, zararlıyı henüz yumurta halindeyken öldürür. *Trichogramma* cinsine ait türler, böcek yetiştirme odalarında seri üretim ve salım kolaylığı nedeniyle biyolojik kontrolde özel bir öneme sahiptir. *Trichogramma*'ların kitle üretiminde konukçu yumurtasının sıvı azot içinde depolanması, alternatif bir yöntem olabilir. Bu çalışmanın amacı, dondurulmuş *Ephestia kuehniella* Zell yumurtalarını farklı zamanlarda depolayıp *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko türlerinin parazitlenme potansiyellerini belirleyerek daha bol, kolay ve ucuz üretimleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, *Ephestia kuehniella* Zell. (Un güvesi) yumurtaları sıvı nitrojende (-196°C) farklı sürelerde (1, 2, 3, 4, 5 ve 6 hafta boyunca) depolanmıştır. *Ephestia kuehniella* Zell'in yumurtaları depolandıktan sonra, *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko türlerinin parazitlenme performansları, bu parazitlenmiş yumurtalardaki yetişkinlerin cinsiyet oranı ve parazitlenen yumurtalardan elde edilen dişilerin ömürleri belirlenmiştir. Depodan çıkarılan *Ephestia kuehniella* Zell. yumurtalarını *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko türlerinin parazitlenme performansı incelendikten sonra depolanmış yumurtalardan elde edilen dişilerin kitle üretimindeki performansı araştırılmıştır. Çalışmalar 25±1°C sıcaklıkta %60-70 orantılı nemde 16 aydınlık 8 saat karanlık koşullarda yürütülmüştür. Araştırmanın sonucunda, 5 hafta süre ile sıvı azotta depolanmış *E. kuehniella* yumurtalarının *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko tarafından başarılı bir şekilde parazitlenebildiği, 6 hafta süre ile depolanmış yumurtalarda parazitlemenin hiç gerçekleşmediği saptanmıştır. Ancak her iki tür içinde hem sıvı azotta depolanmış *E. kuehniella* yumurtalarının parazitlenme sayısı, açılma sayısı ve dişi sayısı hem de sıvı azotta depolanmış yumurtalardan elde edilen dişi parazitoidlerin performansı açısından, 3 hafta depolama süresinin en uygun süre olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Trichogramma evanescens*, *Trichogramma brassicae*, *Ephestia kuehniella*, Sıvı nitrojen, Kitle üretimi.

¹ Şennur BAŞÜĞÜT, Babaeski Ticaret Borsası, Toprak ve Yaprak Analiz Laboratuvarı, Kırklareli, Türkiye. E-mail: sennurbasugut@gmail.com  OrcID: 0000-0002-2465-0679.

^{2*} Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nihal ÖZDER, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: nozder@nku.edu.tr OrcID: 0000-0002-4637-5364

Atıf/Citation: Şennur BAŞÜĞÜT, Nihal ÖZDER. Sıvı Nitrojende Depolanan *Ephestia kuehniella* Zell. Yumurtalarında *Trichogramma evanescens* Westwood Ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko Türlerinin Kitle Üretimlerinin Araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 292-303.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

Abstract

For the purpose of biological control there are many parasitoid species studied in Turkey. Species included in the family Trichogrammatidae are also among these. *Trichogramma* species are particularly successful on the eggs of members of the Lepidoptera team, which are harmful in plants. Without causing damage to pests in plants, it kills while they are in the egg state. *Trichogramma* species have a special importance in biological control due to the ease of mass production and release in insect breeding chambers. The storage of host eggs in liquid nitrogen may represent an alternative method in the mass production of *Trichogramma*. The aim of this study was to determine the parasitic potential of *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko species of *Ephestia kuehniella* Zell eggs stored at different times at and the availability of frozen embryo frozen *E. kuehniella* eggs to provide easier, cheaper and more abundant production of egg parasitoid *Trichogramma* species were investigated. The aim of this study was to determine the parasitic potential of *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko species of *Ephestia kuehniella* Zell eggs stored at different times at and the availability of frozen embryo frozen *E. kuehniella* eggs to provide easier, cheaper and more abundant production of egg parasitoid *Trichogramma* species were investigated. In this study, *Ephestia kuehniella* Zell. (Flour moth) eggs were stored in liquid nitrogen (-196 °C) for at different times (1, 2, 3, 4, 5 and 6 weeks). *Ephestia kuehniella* Zell removed from the warehouse. After examining parasitic performance of *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko species, the eggs of *Ephestia kuehniella* Zell were collected from warehouse, the sex ratio of the adults female from these parasitized eggs were examined and the longevity of the females and the number of eggs parasitized during their lifetime were determined. After examining parasitic performance of *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko species, their performance in mass production of stored eggs were investigated. The studies were carried out for 16 hours for 8 hours in dark conditions at 60-70% humidity at $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. As a result of the study, it was found that *E. kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen for 5 weeks can be successfully parasitized by *Trichogramma evanescens* Westwood and *Trichogramma brassicae* Bezdenko, and no parasites have been observed in stored eggs for 6 weeks. However, in both species, it was determined that 3 weeks were the most suitable time for storage, both in terms of parasitic number, opening number and number of females of *E. kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen and in the performance of female parasitoids obtained from eggs stored in liquid nitrogen.

Keywords: *Trichogramma evanescens*, *Trichogramma brassicae*, *Ephestia kuehniella*, Liquid nitrogen, Mass producti

1. Giriş

Türkiye’de biyolojik mücadele amacıyla üzerinde çalışılan pek çok parazitoit tür vardır. Trichogrammatidae familyasına bağlı türlerde bunlar arasındadır. *Trichogramma* türleri üzerinde genellikle kitle üretiminde kullanılacak uygun konukçunun belirlenmesi, uygun konukçu yumurtası yaşının belirlenmesi, düşük sıcaklıklara sahip depolama koşullarında konukçu yumurtalarında parazitoitlerin kitle üretimi, parazitlenmiş yumurtaların farklı sıcaklıklarda depolanması ve sıvı azotta depolanmış un güvesi yumurtalarında kitle üretimi gibi çalışmalar yürütülmüştür (Bulut, 1990; Jajali ve Singh, 1992; Özder, 2004; Lohmann ve ark. 2007; Yaz ve Özder 2016; Özder ve Tayat, 2018).

Bu çalışmada ise, *Ephestia kuehniella* Zell. (Un güvesi) yumurtaları sıvı nitrojende (-196°C) farklı sürelerde 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 hafta boyunca depolanmıştır. Depodan çıkarılan *Ephestia kuehniella* Zell. yumurtalarını *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko türlerinin parazitlenme performansı incelendikten sonra parazitlenen bu yumurtalardan çıkan erginlerin cinsiyet dağılımına bakılıp, dişilerin ömür uzunlukları ile ömrü boyunca parazitledikleri günlük yumurta sayıları saptanarak, *Trichogramma* türlerinin daha kolay, ucuz ve bol üretimini sağlayabilmek için embriyosu dondurulmuş *E. kuehniella* yumurtalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini yumurta parazitoitleri *Trichogramma evanescens* Westwood, *Trichogramma brassicae* Bezdenko ve konukçusu *Ephestia kuehniella* Zell. oluşturmaktadır. Kullanılan diğer materyaller ise cam tüpler, yumuşak uçlu fırçalar, bal, beyaz kağıt, plastik küvet, plastik yumurtlama kapları, %10’luk arap zamkı, pamuk, makas, mısır kırması, un ve kepektir.

Araştırmanın ana materyalleri olan *Ephestia kuehniella* ve parazitoitler *Trichogramma evanescens* Westwood ve *T. brassicae* Bezdenko Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde yetiştirilmekte olan kültürlerden elde edilmiştir.

2. Metot

2.1. Konukçu *Ephestia kuehniella*’nın üretimi

Un güvesinin üretimi 25±1°C sıcaklıkta, %60-70 oransal nemde 16 saat aydınlık-8 saat karanlık koşulların sağlandığı iklimlendirme odasında gerçekleştirilmiştir. Üretim için un, kepek ve mısır kırması 2:1:1 oranında hazırlanarak, karışımdaki dış bulaşmaları önlemek amacıyla 60°C sıcaklığa ayarlı etüvde 5 saat bırakılarak steril hale getirilmiştir. Yetiştirmede kullanılan diğer materyaller (plastik kaplar, fırçalar, yumurtlama kafesleri, küvetler vb.) %1’lik sodyum hipoklorit ile dezenfekte edilerek kullanılmıştır. Dezenfekte edilen kapaklı un güvesi yetiştirme kapları içerisine; steril un, kepek kırma karışımı alınarak üzerine daha önceki kültürlerden elde edilen *E. kuehniella* yumurtaları ekilmiştir. Daha sonra kaplarının kapakları kapatılarak kitle üretim odasında gelişmeye bırakılmıştır. Gelişimini tamamlayıp ergin hale gelen *E. kuehniella*’lar vakumlu pompa ile toplanarak yumurtlama kaplarına yerleştirilmiştir. Bu kaplardan günlük olarak toplanan yumurtaların bir kısmı deneme için kullanılmıştır. Geriye kalan kısımda kültürün devamını sağlamak amacıyla un, kepek ve mısır kırması karışımına ilave edilerek yeni kültürler açılmıştır (Bulut ve Kılınçer, 1987; Özder, 2004).

2.2. Parazitoit *Trichogramma evanescens* ve *Trichogramma brassicae*’nin üretimi

Parazitoit *Trichogramma evanescens* Westwood ve *T. brassicae* Bezdenko 25±1°C sıcaklık, %60-70 oransal nem 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşulların sağlandığı iklim odasında ve *E. kuehniella* kültüründen sağlanan yumurtalar üzerinde yetiştirilmiştir (Özder, 2004). *E. kuehniella*’nın üretimi sırasında günlük olarak toplanan yumurtaların bir kısmı, o günün tarihi yazılı olan şeritler halindeki beyaz kağıtlar üzerine, arap zamkı yardımıyla dikkatli bir şekilde yapıştırılmış ve ergin parazitoitlerin beslenmesi için sulandırılmış bal damlatılarak içerisinde genellikle yeni çıkmış ergin parazitoitlerin bulunduğu cam tüplere (1.7x18 cm), yumurtalara zarar vermeden ve tüp içerisindeki parazitoitleri kaçırmadan pens aracılığıyla yerleştirilmiştir. Tüplerin ağız kısmı pamukla kapatılmıştır. Böceklerin ışığa yönelim davranışından faydalanılarak, günlük yumurtanın bulunduğu şeritler

aydınlık olacak şekilde tüplerin diğer kısımları karartılmıştır. Parazitlenme işlemi gerçekleştirildikten sonra ortalama 3-4 gün sonra embriyo gelişiminden kaynaklı kararmalar meydana gelmiştir. Parazitlenmeyen yumurtalar kağıtlardan uzaklaştırılarak aynı tür tarafından aynı tarihte çıkış yapması öngörülen parazitlenmiş yumurtalar aynı tüp içerisine alınmıştır. Konukçu yumurtası içerisinde pupa evresini tamamlayan parazitoit kendisine yumurta üzerinde yuvarlak bir çıkış deliği açarak ergin çıkışını gerçekleştirmiştir. Denemenin kurulacağı tarihte çıkış yapanlar deneme için kullanılmış, diğer erginlerle ise aynı işlemler tekrarlanarak üretimin devamlılığı sağlanmıştır.

2.3. Biyolojik çalışmalar

Her gün kontrol edilerek toplanan taze *E. kuehniella* yumurtaları, eppendorf tüpler (5 ml) içine yerleştirildikten sonra alüminyum folyo ile sarılarak, konik tüplere (50ml) yerleştirilerek azot tankına (-196°C) konulmuştur. Tanka yerleştirilen yumurtalar 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 hafta süre ile depolanmıştır. Her depolama süresi sonrasında azot tankından çıkarılan tüpler plastik kutu içine aktararak 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Depolanmış olan bu yumurtalardan 100'er adedi kağıt şeritlere arap zıncı yardımıyla yapıştırılıp parazitoite besin olması için, bir damla sulandırılmış bal damlatılarak, cam tüplere yerleştirilmiştir. Cam tüplere birer adet çiftleşmiş bir günlük dişi *Trichogramma evanescens* Westwood salınmıştır. Aynı işlemler *Trichogramma brassicae* Bezdenko türü içinde gerçekleştirilmiştir. Dişiler 24 saat sonra tüplerden uzaklaştırılmıştır. Her gün yapılan incelemeler ile parazitlenen yumurtaların kararma süresi, parazitlenen yumurta sayısı, parazitlenen yumurtaların açılma süresi ve içlerinden çıkan bireylerin dişi sayısı not edilmiştir. Embriyosu donuk olarak parazitlenmiş yumurtalardan çıkış yapan çiftleşmiş dişi tüplere alınıp ömürleri süresince her gün taze *E. kuehniella* yumurtası verilerek depolanmış yumurtalardan elde edilen parazitoitlerin performansları incelenmiştir (Krechmer ve Foerster 2016; Özder ve Tayat, 2018).

2.4. İstatistiki değerlendirme

Denemeler 10 tekerrürlü olarak Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre yürütülmüştür. Denemelerden elde edilen veriler SPSS 25.0 paket programıyla, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre değerlendirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Depolanmış *E. kuehniella* Yumurtalarında Parazitoitlerin Performansı

3.2. Parazitlenen yumurtaların kararma süresi

Trichogramma evanescens tarafından parazitlenmiş yumurtalardan en kısa sürede kararan 3.70±0.15 gün ile 3 hafta depolanan yumurtalar iken en uzun sürede kararma 4.50±0.16 gün ile 1 hafta depolanan yumurtalarda görülmüştür (Çizelge 1). *Trichogramma brassicae* tarafından parazitlenmiş yumurtalardan en kısa sürede kararan 3.40±0.13 gün ile 3 hafta depolanan yumurtalardan en uzun sürede kararanlar 4.60±0.16 gün ile 1 hafta ve 4.40±0.16 gün ile 4-5 hafta depolanan yumurtalar olup aralarında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. (Çizelge 2). Her iki türde de 6 hafta azot tankında depolanmış yumurtalarda hiç kararma görülmemiştir ($p < 0.05$).

Ay (1994) *E. kuehniella* yumurtalarını -20°C sıcaklıkta derin dondurucuda 60 dk ve 120 dk beklettikten sonra *T. turkeiensis* ve *T. embryophagum* türlerinin parazitlenmesine bıraktığı çalışmada iki türünde parazitlediği yumurtaların kararma sürelerinin ortalama 5 gün olduğunu belirtmiştir.

Kara (2006) *E. kuehniella* ve *C. cautella* yumurtalarının *T. evanescens*, *T. brassicae*, *T. cacoeciae* türleri tarafından parazitlendikten sonra genel olarak ortam sıcaklığı arttıkça kararma süresinin kısaldığını bildirmiştir. Güven (2008) ise *C. cautella* yumurtalarını +4°C'de 1, 2, 3 ve 4 hafta depoladıktan sonra *T. evanescens*, *T. brassicae*, *T. cacoeciae* türlerine parazitletmiş, parazitlenen bu yumurtalardan +4°C'de depolama süresi arttıkça kararma sürelerinin uzadığını ve türler arasında fark olmadığını bildirmiştir.

3.3. Parazitlenen yumurta sayısı

T. evanescens türünün -196°C'de depolanan *E. kuehniella* yumurtalarını parazitlenme sayılarının kontrolden farklı olduğu gözlemlenmiştir. *T. evanescens* ergin dişileri en çok 3 hafta depolanan yumurtaları parazitlemişlerdir. Depolanan tüm yumurtalardan sadece 6 hafta depolanan yumurtalarda hiç parazitlenme meydana gelmemiştir. En düşük parazitlenmenin 1, 4 ve 5 hafta depolanan yumurtalar da olduğu görülmüştür (Tablo 1). *T. brassicae*'nin en yüksek sayıda parazitlemeyi 3 hafta süre ile depolananlarda 35.70±0.96 adet olarak gerçekleştirdiği saptanmıştır. 3

hafta boyunca depolanan yumurtaların, 2 hafta depolanan yumurtalarla (34.10 ± 1.07) arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. En az parazitlenen yumurtaların ise 20.40 ± 1.68 adet ile 1 hafta süreyle depolanan yumurtalar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$, Tablo 2).

Krechemer ve Foerster (2016) *Mythimna sequax* yumurtalarını 30, 60 ve 90 gün boyunca sıvı nitrojende depolamış ve bu yumurtaları, *Trichogramma pretiosum* türünün aynı oranda parazitlediğini bildirmiştir.

Lohmann vd. (2007) *Trichogramma pretiosum*'un kitle üretimi için *E. kuehniella* yumurtalarını sıvı azotta 1, 3, 6 ve 9 ay depolayarak parazitlenme durumunu araştırmışlardır. Sonuç olarak, hiç bir depolama süresinde parazitlenme görülmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde St-Onge vd. (2016) *Trichogramma ostrinae*'nin üretimi için, *E. kuehniella* yumurtalarını sıvı azotta depolamış ve sıvı azotta depolanan yumurtalarda parazitlenme görülmediği için bu depolama yönteminin yumurtaların korunması için uygun bir yöntem olmadığını öne sürmüştür. Bu iki çalışma 6 hafta depolanan yumurtaların parazitlenmemesini destekler niteliktedir.

Greco ve Stilinovic (1998) *Sitotroga cerealella* yumurtalarını, sıvı nitrojende 20, 30 ve 130 gün depoladıktan sonra *T. pretiosum*'un parazitlenme performansını incelemiş ve 20, 30, 130 gün depolanan yumurtaların parazitlenme yüzdesinde istatistiksel olarak önemli farklar olmadığını belirtmiştir.

Özder (2002) *Trichogramma cacoeciae*, *T. brassicae* ve *T. evanescens* türlerinin üretimini, -20°C 'de (derin dondurucuda) 1, 2 ve 3 saat depoladığı *E. kuehniella* yumurtaları üzerinde gerçekleştirerek depolama saatinin arttıkça parazitlenme oranının azaldığını türler arasında parazitlenme oranı bakımından farklılık görülmediğini bildirmiştir. Aynı araştırmacı, 2004 yılında yürüttüğü çalışmada 0°C , 4°C ve 8°C 'de 31 güne kadar depoladığı *E. kuehniella* yumurtalarından, *T. cacoeciae*'nin en çok tercih ettiği yumurtaların 0°C 'de depolananlar, en az tercih ettiğinin ise 8°C 'de depolananlar olduğunu bildirmiştir (Özder,2004).

Güven (2008) 4 ve 8°C 'de 1, 2, 3, 4 hafta depoladığı *Cadra cautella* yumurtalarında *Trichogramma* sp.'nin kitle üretimini araştırmış ve iki sıcaklıkta da en fazla 1 hafta en az 4 hafta depolanan yumurtaların parazitlendiğini depolama süresi arttıkça parazitlenme oranının azaldığını tespit etmiştir.

Özder ve Tayat (2018) sıvı nitrojende farklı sürelerde depoladıkları *E. kuehniella* yumurtalarına 2 farklı çözünme yöntemi (su banyosu, buzdolabında bekletme) uyguladıktan sonra bu yumurtalar üzerinde *T. pintoi*'nin kitle üretimini araştırmışlardır. Her iki yöntemde de parazitlenme oranının 3 haftaya kadar depolanan yumurtalarda %80'nin üzerinde olduğu ve depolama süresi arttıkça parazitlenen yumurta sayısının düştüğünü ve 6 hafta depolanıp su banyosunda çözdürülen yumurtaların %43 oranında parazitlendiğini belirlemiştir.

3.4. Parazitlenen yumurtaların açılma süresi

T. evanescens tarafından parazitlenmiş yumurtaların açılma sürelerinin 8.80 ± 0.13 ve 9.20 ± 0.20 gün ile 3 ve 2 hafta depolanmış yumurtalarda en kısa olduğu saptanmıştır. 4, 5 ve 1 hafta depolanmış yumurtalardan erginlerin çıkış süreleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Tablo 1). *T. brassicae*'nin parazitlenmiş olduğu depolanmış yumurtaların açılma süresi 3, 2 ve 4 hafta depolanmış yumurtalarda sırasıyla 9.30 ± 0.15 , 9.50 ± 0.22 , 9.60 ± 0.16 gün olup en kısa sürede açılmışlardır. En uzun sürede açılan yumurtalar ise aralarındaki fark önemsiz olup 10.70 ± 0.21 , 10.40 ± 0.16 gün ile 1 ve 5 hafta depolanmış yumurtalar olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$, Tablo 2).

Krechemer ve Foerster (2016) sıvı azotta 30, 60 ve 90 gün depoladıkları *Mythimna sequax* yumurtalarının *T. pretiosum* ve *T. atopovirilia* türleri tarafından parazitlendikten sonra gelişme sürelerinin kontrol grubuna göre daha uzun sürdüğünü gözlemlemiştir. *T. atopovirilia* türünde 60 ve 90 gün depolanan yumurtaların aynı sürede açıldığını fakat 30 gün depolananların onlara göre daha uzun sürede açıldığını, *T. pretiosum*'un da ise depolama süresi uzadıkça açılma sürelerinin kısalacağını, tespit etmişlerdir.

Özder ve Yaz (2016) *T. pintoi* tarafından asalaklı olan yumurtaları farklı sıcaklıklarda (0 , 4 , 8°C) ve farklı sürelerde (1, 2, 3, 4, 5, 6 hafta boyunca) depolayarak, depolama sürelerinin uzaması ve sıcaklığın düşmesinin açılma süresini uzattığını bildirmişlerdir.

3.5. Parazitlenen yumurtaların açılma sayısı

Yürütülen çalışmada *Trichogramma evanescens* ve *T. brassicae* türleri tarafından parazitlenen yumurtaların açılma sayılarının depolama sürelerinden etkilendiği belirlenmiştir ($p < 0,05$). *Trichogramma evanescens* tarafından

parazitlenen yumurtalarda kontrolden sonra en çok açılan yumurta sayısının 30.40 ± 1.65 adet ile 3 hafta depolananlarda olduğu saptanmıştır. 2, 4 ve 5 hafta depolanan yumurtaların açılma sayıları arasında fark olmadığı en az çıkışın 1 hafta depolanan yumurtalarda görüldüğü tespit edilmiştir.

Trichogramma brassicae tarafından parazitlenenlerde ise, 31.70 ± 1.12 , 30.20 ± 1.83 adet ile kontrolden sonra en çok açılan depolanmış yumurtalar 2 ve 3 depolanan yumurtalardır. haftalıklardır. En az açılma sayısı ise 12.50 ± 2.88 adet ile 1 hafta depolanan yumurtalarda görülmüştür (Tablo 1).

Greco ve Stilinovic (1998), Sitotroga cerealella yumurtalarını, sıvı nitrojende 20, 30 ve 130 gün depolamışlar ve *Trichogramma pretiosum* tarafından parazitlenmiş tüm yumurtaların açılma oranlarını %64'ün üzerinde bulmuşlardır.

Özder (2004) 0°C, 4°C ve 8°C'de 31 güne kadar depoladığı *E. kuehniella* yumurtalarının, *Trichogramma cacoeciae* tarafından parazitlendikten sonra 8°C'de depolanmış olan yumurtaların açılma oranlarının, 3 haftadan sonra %75 in altına düştüğünü tespit etmiştir.

Kara (2006) çalışmamıza benzer olarak parazitlemenin fazla olduğu türlerin açılma sayılarının da fazla olduğunu belirtmiştir.

Karabörklü ve Ayvaz (2007) 4°C'de 10, 20, 30 ve 40 gün süresince depoladıkları *E. kuehniella* yumurtalarının *T. evanescens* tarafından parazitlendikten sonraki açılma oranlarının %70 in üzerinde olduğunu en yüksek açılma oranının ise %91.33 ile 10 gün depolananlarda görüldüğünü bildirmiştir.

Krechemer ve Foerster (2016) 30, 60, 90 gün sıvı azotta depoladıkları, *M. sequax* yumurtalarından *T. pretiosum*'un parazitlediği tüm yumurtalarda çıkış görüldüğünü tespit etmiştir. *T. atopovirilia*'da ise 30 ve 60 gün depolanmış yumurtaların hepsinin açılmasına rağmen, 90 günlük yumurtaların parazitlenen miktardan daha azının açıldığını bildirmişlerdir.

3.6. Parazitlenen yumurtalardan çıkan dişi sayısı

Dişi sayısının yüksek çıkması neslin devamı ve biyolojik mücadelenin sürekliliği için son derece önemlidir. Bu nedenle depolanmış yumurtalardan çıkış yapan bireylerin cinsiyetleri belirlenmiş ve sıvı azotta depolamanın cinsiyet dağılımına etkisi olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

T. evanescens tarafından parazitlenmiş olan yumurtaların açılması sonucu meydana gelen dişi sayısı, (kontrolden hariç) en yüksek 21.00 ± 2.46 , 16.10 ± 2.26 , 15.30 ± 1.60 ve 14.40 ± 2.12 adet ile 3, 5, 2 ve 4 hafta depolanan yumurtalarda görülmüştür.

En az dişi ise 6.40 ± 1.75 adet ile 1 hafta depolanmış yumurtalardan çıkmıştır. *T. brassicae*'nin parazitlediği yumurtalardan meydana gelen dişi sayısı ise 26.00 ± 1.11 ve 25.80 ± 1.84 adet ile 2 ve 3 hafta depolanan yumurtalarda en fazla bulunurken, 6.40 ± 1.75 adet ile 1 hafta depolanan yumurtalarda en olarak saptanmıştır. (Tablo 1).

Krechemer ve Foerster (2016) yürüttükleri çalışmada sıvı azotta 30, 60 ve 90 gün depolanan yumurtaların *Trichogramma* sp. tarafından parazitlenmesi sonucu açılan yumurtaların, araştırmamıza benzer şekilde dişi sayısının erkek sayısından yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Greco ve Stilinovic (1998) yürüttükleri çalışmada sıvı nitrojende depolanan yumurtalardan elde edilen erginlerin dişi cinsiyet oranını kontrol grubundan daha yüksek bulmuşlardır.

Karabörklü ve Ayvaz (2007) *E. kuehniella* ve *S. cerealella* yumurtalarını *T. evanescens* dişilerine parazitlettikten sonra, bu yumurtaların içerisinde gelişecek olan parazitoitleri farklı dönemlerinde 4°C'de 10, 20, 30 ve 40 gün süresince depolamışlardır. Parazitlenen yumurtalardan çıkan erginlerin yüzde olarak verilen dişi sayılarının kontrolden farklı olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Tezze ve Botto (2004) *T. nerudai* pupalarını 4°C'de 25, 50, 75, 100, 125 ve 150 gün boyunca depoladıkları yumurtalardan çıkan yetişkinlerin dişi oranında farklılık olmadığını saptamışlardır.

Tablo 1. Sıvı nitrojende depolandıktan sonra *Trichogramma evanescens* tarafından parazitlenen *E. kuehniella* Zell. (Un güvesi) yumurtalarında karar ma süresi, parazitlenen yumurta sayısı, açılma süresi, açılma sayısı ve dişi sayısı

Table 1. *Trichogramma evanescens* female longevity, eggs darkening time, number of parasitized eggs, opening time, opening number and number of female and parasitized eggs obtained from *Ephestia kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen tank

Depolama Süresi (Hafta)	Karar ma Süresi (Gün)	Parazitlene Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtaların Açılma Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurtalardan Açılan Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtalardan Çıkan Dişi Sayısı
1	4.50±0.16 d*	24.90±1.27 d	10.40±0.16 c	10.80±1.78 d	6.20±1.23 c
2	4.00±0.14 bc	29.10±1.07 c	9.20±0.20 b	23.90±1.58 c	15.30±1.60 b
3	3.70±0.15 b	34.80±0.94 b	8.80±0.13 b	30.40±1.65 b	21.00±2.46 b
4	4.20±0.13 cd	25.10±1.71 d	10.20±0.13 c	22.80±1.33 c	14.40±2.12 b
5	4.30±0.15 cd	25.6±1.10 cd	10.20±0.13 c	25.00±0.96 c	16.10±2.26 b
Kontrol	3.10±0.10 a	40.00±1.27 a	8.20±0.12 a	37.90±1.65 a	27.70±3.38 a

* Her sütundaki aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki istatiks el fark önemsizdir (p<0.05).

Tablo 2. Sıvı nitrojende depolandıktan sonra *Trichogramma brassicae* tarafından parazitlenen *E. kuehniella* Zell. (Un Güvesi) yumurtalarında karar ma süresi, parazitlenen yumurta sayısı, açılma süresi, açılma sayısı ve dişi sayısı.

Table 2. *Trichogramma brassicae* female longevity, eggs darkening time, number of parasitized eggs, opening time, opening number and number of female and parasitized eggs obtained from *Ephestia kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen tank

Depolama Süresi (Hafta)	Karar ma Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtaların Açılma Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurtalardan Açılan Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtalardan Çıkan Dişi Sayısı
1	4.60±0.16 c*	20.40±1.68 d	10.70±0.21 c	12.50±2.88 d	6.40±1.75 c
2	3.80±0.20 b	34.10±1.07 b	9.50±0.22 b	31.70±1.12 a	26.00±1.11 a
3	3.40±0.13 ab	35.7±0.96 ab	9.30±0.15 b	30.20±1.83 ab	25.80±1.84 a
4	4.40±0.16c	26.80±1.34 c	9.60±0.16 b	25.00±1.77 c	20.10±1.55 b
5	4.40±0.16 c	27.80±0.86 c	10.40±0.16 c	25.50±0.81 bc	19.60±1.25 b
Kontrol	3.00±0.01 a	38.60±1.08 a	8.50±0.16 a	33.60±1.02 a	28.80±1.32 a

* Her sütundaki aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki istatiks el fark önemsizdir (p<0.05).

3.7. Depolanmış *E. kuehniella* Yumurtalarından Elde Edilen Parazitoitlerin Performansı

3.8. Ömür uzunlukları

Sıvı nitrojende 4 ve 5 hafta depolandıktan sonra *Trichogramma evanescens*'in parazitlemiş olduğu yumurtalardan çıkan dişilerin ömür uzunluklarının, kontrol grubu dişilerinin ömründen istatiks el olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir (p<0.05). En kısa süre yaşayan dişilerin ise 13.10±0.91 ve 15.20±0.86 gün ile 1 ve 2 hafta depolanan yumurtalardan çıkan dişiler olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

T. brassicae'ın parazitlediği yumurtalardan çıkan dişilerin ömür uzunlukları sırasıyla 19.40±1.06, 18.10±0.75, 17.70±0.52 gün olmak üzere sırasıyla 5, 3 ve 4 hafta depolanan yumurtaların ve kontrol grubunun (20.30±1.61 gün) en uzun süre yaşamış olduğu istatiks el olarak belirlenmiştir. *T. brassicae*'nın parazitlediği yumurtalardan meydana gelen dişilerden en kısa süre hayatta kalanlar 12.30±0.76 gün ile 1 hafta depolanmış yumurtalardan çıkanlar olmuştur (p<0.05, Tablo 4).

Jajali ve Singh (1992) konukçu *Corcyra cephalonica* yumurtalarını kullanarak 4 *Trichogramma* türünün farklı biyolojik evrelerinde 2, 5 ve 10°C'de 7 ila 49 gün boyunca depolayarak yaptıkları araştırmada. Pupa evresinde depolanan parazitoidlerin, ömür uzunluğunun 2°C'de 14 güne, 5°C ve 10°C de ise 21 güne kadar istikrarlı bir şekilde devam ettiğini daha sonra azaldığını tespit etmişlerdir.

Özder ve Tayat (2018) sıvı nitrojende farklı sürelerde depoladıkları *E. kuehniella* yumurtalarından elde ettikleri *T. pintoi* dişilerinde en kısa ömrün 6.30±0.22 gün olarak 6 hafta süre ile depolanmış yumurtalardan elde edilen bireylerde görüldüğünü kaydetmişlerdir.

Özder (2004) *Ephestia kuehniella* yumurtalarını 0°C, 4°C ve 8°C'de 31 güne kadar depolayarak yürüttüğü çalışmada depolanan yumurtalardan çıkan parazitoid, *Trichogramma cacoeciae*'nin ömrünün en uzun 15 gün olduğunu ve 4°C'de 1 hafta depolanan yumurtalarda görüldüğünü saptamıştır.

Özder ve Yaz (2016) *T. pintoi* tarafından asalaklı olan yumurtaları farklı sıcaklıklarda (0, 4, 8°C) ve farklı sürelerde (1, 2, 3, 4, 5, 6 hafta boyunca) depolayarak yürüttükleri çalışmada depolanmış yumurtalardan elde edilen dişilerin ömrünün depolama süresi uzadıkça kısalacağını, sıcaklık arttıkça uzadığını belirlemişlerdir.

3.9. Parazitlenen yumurtaların kararma süresi

Depolanmış *Ephestia kuehniella* yumurtalarından çıkan *T. evanescens* dişilere yaşadıkları süre boyunca her gün taze *E. kuehniella* yumurtası verilip yumurtaların soğukta depolanmasının parazitoid neslinin devamına etkileri araştırılmış ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Sıvı nitrojende 5 hafta boyunca depolanmış yumurtaların *T. evanescens* tarafından parazitlenmesi sonucu meydana gelen dişilerin, parazitlediği yumurtaların 3.57±0.35 gün ile en kısa sürede kararmış olduğu tespit edilmiştir. En geç kararanlar, 4.08±0.44 gün ile 4 hafta depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalar olmuştur (Tablo 3).

T. brassicae dişileri tarafından parazitlenen yumurtalardan kontrol grubundan sonra en kısa sürede kararan 3.38±0.46 gün ile 1 hafta sıvı azotta depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalar olmuştur. En uzun sürede kararanların ise 4.26±0.39 ve 3.61±0.36 gün ile 5 ve 4 hafta depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$, Tablo 4).

Özder ve Yaz (2016) *T. pintoi* tarafından asalaklı olan yumurtaları farklı sıcaklıklarda (0, 4, 8°C) ve farklı sürelerde (1, 2, 3, 4, 5, 6 hafta boyunca) depolayarak elde ettikleri dişilere günlük *E. kuehniella* yumurtaları vererek parazitletmiş ve parazitlenen yumurtaların kararma sürelerini incelemiştir. Soğukta depolanmanın, dişilerin nesil devamlılığına etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Asalaklı olarak depolanmış yumurtaların depolanma sıcaklığı arttıkça, ergin hale geldiklerinde parazitledikleri yumurtaların kararma sürelerinin kısalacağını, aynı sıcaklıkta ise depolama süresi arttıkça kararma sürelerinin uzadığını bildirmişlerdir.

3.10. Parazitlenen yumurta sayısı

Yürütülen çalışmada en çok parazitlemenin, 5 ve 3 hafta depolanmış yumurtalardan elde edilen *T. evanescens* dişileri tarafından, sırasıyla 217.70±5.32 ve 207.40±11.62 adet olarak, en az parazitlemenin ise 2 hafta süreyle depolanan yumurtalardan çıkan dişiler tarafından 127.0±8.94 adet olarak gerçekleştirildiği belirlenmiştir ($p<0.05$, Tablo 3). 3 ve 5 hafta depolanmış yumurtalardan çıkan *T. brassicae* dişilerinin, 192.80±10.09 ve 192.70±7.94 adet olmak üzere ömürleri boyunca en çok parazitlemeyi gerçekleştirdikleri ve aralarında istatistiki açıdan fark olmadığı saptanmıştır. *T. brassicae* tarafından, en az parazitlemenin ise 122.70±7.35 adet ile 1 hafta depolanmış yumurtalardan çıkan dişilerin gerçekleştirdiği tespit edilmiştir (Tablo 4).

Karabörklü ve Ayvaz (2007) *E. kuehniella* ve *S. cerealella* yumurtalarını *T. evanescens* dişilerine parazitlettikten sonra bu yumurtaların içerisinde gelişecek olan parazitoidleri yumurta döneminde 4°C'de 10, 20, 30 ve 40 gün süresince depolamışlardır. İki konukçuda da depolanan yumurtalardan çıkan ergin dişilerin parazitleme performansının 10 ve 20 gün depolanarlarda kontrolden farklı olmadığını 30 ve 40 gün depolanarlarda ise daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Güven (2008) yaptığı çalışmalarda, depolanmanın parazitoid performansına etkili olduğunu belirterek, depolama süresi arttıkça parazitlenen yumurta sayısının azaldığını kaydetmiştir.

Özder ve Yaz (2016) *T. pintoï* tarafından asalaklı olan yumurtaları farklı sıcaklıklarda (0, 4, 8°C) ve farklı sürelerde (1, 2, 3, 4, 5, 6 hafta boyunca) depolayarak, depolanmış yumurtalardan çıkan dişilerin, parazitlediği yumurta sayılarını saptamışlardır. En yüksek parazitlemenin 86 ± 0.87 adet ile 8°C'de 1 hafta depolanmış yumurtalarda, en düşük parazitlemenin ise 40.98 ± 0.61 adet ile 0°C'de 6 hafta depolanan yumurtalarda görüldüğünü tespit etmişlerdir.

3.11. Parazitlenen yumurtaların açılma süresi

Yapılan çalışmada depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalar, detaylı bir şekilde incelenmiş ve parazitlenme gününden ilk ergin çıkışı görülene kadar geçen süreler hesaplanmıştır. *T. evanescens* türünde en kısa sürede açılma 9.10 ± 0.54 gün ile 1 hafta depolanmış yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalarda görülmüştür. En uzun sürede açılma ise 10.50 ± 0.35 gün ile 4 hafta depolanmış yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalarda görülmüştür ($p < 0.05$, Tablo 3).

Sıvı azotta depolanmış yumurtalardan çıkan *T. brassicae* dişilerinin, parazitlediği yumurtaların açılma süresi, en kısa 8.67 ± 0.58 gün olup, 1 hafta depolanmalarda görülmüştür. En uzun açılma süresi ise 10.86 ± 0.48 gün ile 5 hafta depolanmalardan elde edilen dişilerin parazitlediği yumurtalarda görülmüştür ($p < 0.05$, Tablo 4).

3.12. Parazitlenen yumurtaların açılma sayısı

Sıvı azotta depolanmış yumurtalardan meydana gelen, *T. evanescens* dişilerinin ömürleri boyunca parazitlediği yumurtalardan en fazla ergin çıkışının, 5 ve 3 hafta depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalarda olduğu tespit edilmiştir. 1 ve 2 hafta süreyle depolanmış yumurtalardan çıkan dişilerin ömürleri boyunca parazitlediği yumurtalarda sırasıyla 119.0 ± 8.54 ve 121.7 ± 8.93 adet ile en az açılma görülmüştür ($p < 0.05$, Tablo 3). *T. brassicae*'in ömrü boyunca parazitlediği yumurtalardan kontrolden sonra en çok ergin çıkışı 184.90 ± 7.81 ve 184.0 ± 10.26 adet ile 5 ve 3 hafta depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği günlük yumurtalarda görülmüştür. En az ergin çıkışın ise 114.60 ± 7.21 adet ile 1 hafta süreyle depolanan yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalarda olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$, Tablo 4).

3.13. Parazitleneni yumurtalardan çıkan dişi sayısı

Yürütülen çalışmada depolanan yumurtaların *T. evanescens* tarafından parazitlenmesi sonucu elde edilen dişilerin, ömürleri boyunca parazitlediği yumurtalardan çıkan dişi sayısı da incelenmiştir. En fazla dişinin 115.60 ± 6.98 adet ile 3 hafta depolanmış yumurtalardan çıkan dişiler tarafından parazitlenen yumurtalardan meydana geldiği ve kontrol grubundan çıkan dişi sayısından istatistiksel olarak farklı olmadığı saptanmıştır. En az dişinin ise 46.70 ± 5.67 adet ile 1 hafta azot tankında depolanmış olan yumurtalardan çıkan dişi parazitoitlerin parazitlediği yumurtalardan meydana geldiği görülmüştür ($p < 0.05$, Tablo 3). *T. brassicae*'nin parazitlemiş olduğu 3 haftalık yumurtalardan meydana gelen dişilerin parazitlediği yumurtalarda 98.60 ± 5.40 adet ile en fazla dişi çıkışı görülürken, 2 haftalık yumurtalardan çıkan dişilerin parazitlediği yumurtalardan 61.40 ± 5.85 adet ile en az dişi çıkışı olduğu saptanmıştır (Tablo 4).

Doetzer ve Foerster (2013) Pentatomidae yumurtalarını sıvı azotta depoladıktan sonra ilk olarak *Trissolcus basalis* ve *Telenomus podisi* türlerinin depolanan yumurtaların parazitlenmesini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın devamında ise sıvı azotta depolanan konakçı yumurtalarda geliştirilen yetişkin parazitoitlerde uyku halini araştırmak amacıyla *T. basalis* ve *T. podisi* dişilerini 18°C'de 120 ve 180 gün uykuda tutulmuşlardır. Sonuç olarak 18°C'de depolama süresinin *T. basalis*'in cinsiyet dağılımını etkilememiş olduğunu, *T. podisi*'nin ise hem azottaki depolama süresinden, hem de 18°C'de depolama süresinden etkilemiş olduğunu bildirerek, bu iki yönteminde dişi sayısının yüksek çıkmasından dolayı birlikte kullanılmasının avantajlı olacağını öne sürmüşlerdir.

Tablo 3. Sıvı azotta depolanan *Ephestia kuehniella* Zell. (Un güvesi) yumurtalarının *Trichogramma evanescens* tarafından parazitlenmesi sonucu elde edilen dişilerin ömür uzunlukları, yaşadıkları süre boyunca her gün ortalama olarak parazitledikleri yumurtaların sayısı, kararına günü, açılma günü, açılma sayısı ve parazitlenen yumurtalardan meydana gelen dişi sayısı.

Table3. *Trichogramma evanescens* obtained from *Ephestia kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen tank female longevity, eggs darkening time, number of parasitized eggs, opening time, opening number and number of female and parasitized eggs obtained

Depolama Süresi (Hafta)	Ömür Uzunluğu (Gün)	Kararına Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtaların Açılma Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurtalardan Açılan Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtalardan Çıkan Bireylerde Dişi Sayısı
1	13.10±0.91 c	3.74±0.45 c	132.8±9.12 d	9.10±0.57 e	119.0±8.54 d	46.70±5.67 d
2	15.20±0.86 c	3.90±0.53 b	127.0±8.94 e	9.81±0.51 b	121.7±8.93 d	68.20±7.47 c
3	19.11±0.63 b	3.81±0.49 bc	207.40±11.62 b	9.24± 0.42 d	199.2±11.07 b	115.60±6.98 a
4	19.45±0.05 ab	4.08±0.44 a	159.80±6.44 c	10.50±0.35 a	149.9±6.02 c	90.30±4.96 b
5	20.40±0.56 ab	3.57±0.35 d	217.70±5.32 b	9.53±0.41 c	205.9±6.46b	77.20±7.25 bc
Kontrol	22.00±1.06 a	3.35±0.32 e	243.4±8.61 a	8.57±0.36 f	229.5±7.67 a	117.30±8.95 a

* Her sütündeki aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki istatistiksel fark önemsizdir (p<0.05).

Tablo 4. Sıvı azotta depolanan *Ephestia kuehniella* Zell. (Un Güvesi) yumurtalarının *Trichogramma brassicae* tarafından parazitlenmesi sonucu elde edilen dişilerin ömür uzunlukları, yaşadıkları süre boyunca her gün ortalama olarak parazitledikleri yumurtaların sayısı, kararına günü, açılma günü, açılma sayısı ve parazitlenen yumurtalardan meydana gelen dişi sayısı.

Table 4. *Trichogramma brassicae* obtained from *Ephestia kuehniella* eggs stored in liquid nitrogen tank female longevity, eggs darkening time, number of parasitized eggs, opening time, opening number and number of female and parasitized eggs obtained

Depolama Süresi (Hafta)	Ömür Uzunluğu (Gün)	Kararına Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtaların Açılma Süresi (Gün)	Parazitlenen Yumurtalardan Açılan Yumurta Sayısı (Adet)	Parazitlenen Yumurtalardan Çıkan Bireylerde Dişi Sayısı
1	12.30±0.76 c	3.38±0.46 b	122.70±7.35 c	8.67±0.58 a	114.6±7.21 d	76.4±6.04 cd
2	16.90±1.00 c	3.50±0.38 c	159.70±12.87 b	9.61±0.40 c	160.9±12.7 b	61.40±5.85 d
3	18.10±0.75 b	3.49±0.39 c	192.80±10.09 a	9.47± 0.38 b	184.0±10.26 ab	98.60±5.40 ab
4	17.70±0.52 ab	3.61±0.36 d	133.0±9.39 bc	10.50±0.38 d	127.8±3.88 c	83.80±3.58 bc
5	19.40±1.06 ab	4.26±0.39 d	192.70±7.94 a	10.86±0.48 e	184.9±7.81 ab	87.50±6.19 bc
Kontrol	20.30±1.61 a	3.24±0.33 a	219.80±11.8 a	8.64±0.39 a	203.2±11.34 a	107.4±8.52 a

* Her sütündeki aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki istatistiksel fark önemsizdir (p<0.05).

4. Sonuç

Trichogramma türleri ile biyolojik mücadelenin etkin bir şekilde gerçekleşebilmesi için salım zamanının doğru seçilmesi ve o süre içerisinde fazla sayıda ergin üretiminin gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu süreçte konukçu yetersizliğinden kaynaklanacak aksaklıkları gidermek ve hazırda konukçu yumurtası bulundurmamak amacıyla birçok depolama çalışması yürütülmüş ve yürütülmektedir (Bernad ve ark.,2000; Karaböklü ve Ayvaz 2007).

Yapılan bu çalışmada, 6 hafta depolanmış yumurtalarda hiç kararına ve dolayısıyla parazitlenme olmamış Lohman ve ark. (2007) ve St-onge ve ark. (2016) çalışmalarındaki gibi sıvı azotun *Ephestia kuehniella* yumurtaları için uzun süreli uygun depolama yöntemi olmadığını yumurtaların içerisindeki konukçu embriyosunun donarak kristalleşip yumurta çeperine zarar verdiğini düşündürmüştür.

Araştırmanın sonucunda, 5 hafta süre ile sıvı azotta depolanmış *E. kuehniella* yumurtalarının *Trichogramma evanescens* Westwood ve *Trichogramma brassicae* Bezdenko tarafından başarılı bir şekilde parazitlenebildiği, 6

hafta süre ile depolanmış yumurtalarda parazitlemenin hiç gerçekleşmediği saptanmıştır. Ancak her iki tür içinde sıvı azotta depolanmış *E. kuehniella* yumurtalarının hem parazitlenme sayısı, açılma sayısı ve dişi sayısı hem de sıvı azotta depolanmış yumurtalardan elde edilen dişi parazitoidlerin performansı açısından. 3 hafta depolama süresinin için en uygun süre olduğu saptanmıştır. Biyolojik mücadeleye yönelik çalışmalarda kısa süreli depolamalar için bu yöntemin başarı ile kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından NKUBAP.03.YL.19.198 Nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynakça

- Ay, R. (1994). *Değişik yöntemlerle embriyosu öldürülmüş Ephestia kuehniella Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarında Trichogramma turkeiensis Kostadinov ve T. embryophagum (Hartig) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'un yetiştirilmesi üzerine araştırmalar.* (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı. Ankara.
- Bernardi, E. B., Haddad, M. L., Parra, J. R. P. (2000). Comparison of artificial diets for rearing *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lep.: Pyralidae) for *Trichogramma* mass production. *Rev. Brasil Biol.* 60. 45-52.
- Bulut, H. (1990). Yumurta parazitoiti *Trichogramma* türleri için uygun konukçu yumurtası yaşının belirlenmesi ve erginlerin bazı davranışları üzerine araştırmalar. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü. Ankara. 37-51.
- Bulut, H. . Kılınçer. N. (1987). Yumurta paraziti *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'in un güvesi (*Ephestia kuehniella* Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarında üretimi ve konukçu-parazit ilişkileri. Türkiye I. Entomoloji Kongresi Bildirileri. Izmir.
- Doetzer, A. K., Foerster, L. A. (2013). Storage of Pentatomid eggs in liquid nitrogen and dormancy of *Trissolcus basalis* (Wollaston) and *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) adults as a method of mass production. *Neotrop Entomol.* 13(42). 534–538.
- Greco, C. F. ve Stilinovic. D. (1998). Parasitization performance of *Trichogramma* spp. (Hym., Trichogrammatidae) reared on eggs of *Sitotroga cerealella* Oliver (Lep., Gelechiidae). stored at freezing and subfreezing conditions. *J Appl Entomol* 122: 311–314.
- Güven, A. (2008). *Düşük sıcaklıklarda depolanan Cadra (Ephestia) cautella Walk. (Lep., Pyralidae) yumurtaları üzerinde yetiştirilen Trichogramma cacoeciae Marchal. T. brassicae Bezdenko ve T. evanescens Westwood'un (Hym., Trichogrammatidae) bazı biyolojik özellikleri.* (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Jalali, S. K., Singh, S. P. (1992). Differential response of four *Trichogramma* species to low temperatures for short term storage. *Entomophaga.* 37(1). 159–165.
- Kara, G. (2006). *Cadra (Ephestia) cautella Walk ve Ephestia kuehniella Zell. (Lepidoptera: Pyralidae) ile yumurta parazitoitleri Trichogramma brassicae Bezdenko. Trichogramma cacoeciae Marchal ve Trichogramma evanescens Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) arasındaki biyolojik ilişkiler.* (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Karabörklü, S., Ayvaz. A. (2007). Soğukta depolamanın farklı konukçularda yetişen *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym: Trichogrammatidae)'in farklı evreleri üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 23 (1-2) 30 – 36.
- Krechemer, F., Foerster. L. (2016). Mass production of *Trichogramma* spp. using *Mythimna sequax* eggs stored in liquid nitrogen. *BioControl.* 61(5). 497–505.
- Lohmann. T. . Martnanazzo. T. . Pietrowski. V. . Gibbert. F. . Kraemer. B. (2007). Viability of the egg storage of *Anagasta kuehniella*. Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in liquid nitrogen for the production of *Trichogramma pretiosum*. Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Resumos do V CBA - Outras temáticas.*2(2).
- Özder, N. (2002). Parasitization performance of *Trichogramma cacoeciae*. *T. evanescens* and *T. brassicae* (Hym: Trichogrammatidae) reared on the embryos of *Ephestia kuehniella* Zell. (Lep: Pyralidae) killed by freezing. *The Great Lakes Entomologist.* 35:107-112.
- Özder, N. (2004). Effect of differet cold storage periods on parasitization performance of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera:Pyralida). *Biocontrol Science and Technology.* 14(5). 441-447.
- Özder, N. (2006). Effect of cold storage of adult *Trichogramma brassicae*. *T. cacoeciae* and *T. evanescens* (Hym.: Trichogrammatidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection.* 41(4). 296-299.
- Özder, N., Tayat, E. (2018). Sıvı azotta depolanmış *Ephestia kuehniella* Zeller yumurtalarını kullanarak *Trichogramma pintoi* Voegelé'nin kitle üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(02).
- Smith, S. M. (1996). Biological control with *Trichogramma* advances. successes. and potential of their use. *Annual Review of Entomology.* 41. 375-406.
- St-Onge, M., Cormier, D., Todorova, S. ve Lucas. E. (2016). Conservation of *Ephestia kuehniella* eggs as hosts for *Trichogramma ostrinae*. *J Appl Entomol* 140:218–222.
- Tezze, A. A . ve Botto, E. N. (2004). Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biological Control.* 30. 11-16.
- Yaz, M., Özder, N. (2016). *Trichogramma pintoi* Voegelé tarafından parazitlenmiş *Ephestia kuehniella* Zeller yumurtalarının farklı sıcaklıklarda depolanması üzerine araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.* 13 (03). 165-174.

Fermente Sucukların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Gamma Işınlamanın Etkisi

Effect of Gamma Irradiation on Physicochemical and Microbiological Quality of Fermented Sausages

Gülce Bedis KAYNARCA^{1*}, Tuncay GÜMÜŞ²

Özet


Isıl işlem görmüş sucuk teknolojik açıdan daha verimli bir ürün olmasına karşın tüketici tarafından pek de tercih edilmemektedir. Ülkemizde, tüketici tarafından tercih edilen fermente sucuk ise ne yazık ki mikrobiyal kalite bakımından zayıf bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Fermente sucuğun lezzetini olumsuz etkilemeden mikrobiyal açıdan daha güvenli hale getirilmesi önemli bir konudur. Bu amaçla araştırmamızda gama ışınlama kullanarak daha hızlı ve daha kaliteli ürünler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, tesadüfi örnekleme yöntemine göre seçilmiş 10 farklı markaya ait fermente sucuk örneklerinin mikrobiyal ve kimyasal özellikleri üzerine gamma ışınlamanın (0, 2, 4 ve 6 kGy) etkisi araştırılmıştır. Fermente sucuk örnekleri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, laktik asit bakterisi (LAB), sporlu bakteri sayısı, maya-küf sayısı, pH değeri, % protein içeriği, Hunter Lab renk değerleri ve yağ asitleri bileşimi bakımından incelenmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre; *E. coli* ve *S. aureus* tespit edilen örneklerde 4 kGy'lik ışınlama işlemi patojen mikroorganizmaların tamamını inhibe etmeye yetmiştir. 6 kGy'lik ışınlama işlemi laktik asit bakterileri üzerinde %93, maya-küf tespit edilen örneklerde ise yaklaşık %90'lık azalma sağlamıştır. 4 kGy'lik bir ışınlama ile maksimum seviyede *E. coli* inhibisyonu sağlanmıştır. Işınlama işleminin mikroorganizmalar üzerine genel etkisi incelendiğinde patojen bakterilerin inhibisyonu laktik asit bakterileri ve maya-küflere göre daha düşük dozlarda gerçekleşmiştir. Işınlama işleminin örneklerin kimyasal özellikleri üzerine etkisi incelendiğinde ise sucuk tekstüründe önemli bir değişme gözlenmezken, 6 kGy'lik ışınlamanın örneklerin yağ asitleri kompozisyonunda istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) değişmelere neden olduğu görülmüştür. Bu değişim ise, C14:1 trans, C16:1 trans, C17:1 trans ve C18:1 trans yağ oluşumu sonucunda trans yağ miktarındaki artışı ile açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Fermente sucuk, Gamma ışınlama, Mikrobiyolojik özellikler, Yağ asitleri kompozisyonu, Kimyasal özellikler.

Abstract

Heat treated sausages are not in demand by consumer although production of there are technologically more efficient. In our country, fermented sausage preferred by consumers is unfortunately a weak product in terms of microbial quality. It is an important issue to make fermented sausage safe from microbial aspect without adversely affecting its flavor. In our study, we aimed on obtaining faster and better quality products by using gamma irradiation. In this context, the effect of gamma irradiation (0, 2, 4 and 6 kGy) on the microbial and chemical

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülce Bedis KAYNARCA, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, Türkiye. E-mail: b.gulcebedis@klu.edu.tr  ORCID: 0000-0001-7896-457X

² Tuncay GÜMÜŞ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye E-mail: tgumus@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0001-7635-5519.

Atıf/Citation: Kaynarca, G. B., Gümüş, T. Fermente Sucukların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Gamma Işınlamanın Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 304-317.

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

properties of fermented sausage samples belonging to 10 different brands selected according to random sampling method was investigated. Fermented sausage samples were analyzed in terms of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, lactic acid bacteria (LAB), spore bacteria and yeast-mold count, pH value, % protein content, Hunter Lab color values and fatty acids composition. According to results of microbiological analysis; irradiation of 4 kGy were inhibited all pathogenic microorganisms (*E.coli* and *S.aureus*). Irradiation of 6 kGy provided to reduction of lactic acid bacteria and yeast-mold count .respectively 93% and 90% in samples. A maximum level in *E. coli* of inhibition was achieved by irradiation of 4 kGy. When effect of irradiation on microorganisms was examined, the inhibition of pathogenic bacteria was been lower dose than lactic acid bacteria and yeast molds. When the effect of irradiation on the chemical properties of samples was examined, irradiation of 6 kGy was found to cause statistically significant ($p<0.05$) changes in the fatty acid composition of samples but, no significant change was observed in the other properties of fermented sausage samples. This change can be explained by the increase in trans fatty acid as a result of formation of C14: 1 trans, C16: 1 trans, C17: 1 trans and C18: 1 trans fatty acid.

Keywords: Fermented sausage, Gamma irradiation, Microbiological properties, Fatty acid composition, Chemical properties.

1.Giriş

Günümüzde, gıda talebinin artması ve teknolojinin gelişmesiyle üreticiler raf ömrü uzun, albenisi yüksek gıdalar üretmek ve piyasa ile rekabet edebilmek için her geçen gün daha fazla kimyasal katkı maddesi kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Kullanılan katkı maddeleri ile birlikte gerek yaşam tarzı ve ekonomik durum gerekse beslenme şekliinden kaynaklanan hastalıklar çağımızda gittikçe artmaktadır. Bu doğrultuda gıda üretiminde kayıpları azaltacak, raf ömrünü artıracak ve güvenilirliği sağlayacak yeni yöntemlerin kullanımı ile ilgili çalışmalarda gittikçe önem kazanmaktadır. Bu yeni yöntemlerden bir tanesi de gıdaların ışınlanmasıdır. Gıda katkı maddelerinin azaltılması, gıdanın raf ömrünün artırılması, patojen bakterilerin öldürülmesi vb. sebeplerden ötürü gıdalar ışınlanabilmektedir. Konuyla ilgili olarak doğal katkı maddelerinin kullanımının araştırılmasının yanında, ışınlama işleminin beklentilere cevap vermesi, bu yöntemin popülaritesini arttırmıştır (Korel ve Orman, 2005).

Işınlama tekniği et ve et ürünlerinde patojenleri elimine eden en etkili yöntemlerden biridir. Patojenik (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli O157:H7*, *Yersinia enterocolitica*) ve bozulma etkeni bakterilerin gelişimini kontrol etmek için 10 kGy den düşük ışınlama dozları yeterli olmaktadır (Fu ve ark., 1995). Yapılan araştırmalarda, 5 kGy ve altındaki dozlarda et ürünlerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine gamma ışınlamanın olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Byun ve ark., 2000; Chouliara ve ark., 2006; Fadhel ve ark., 2016; Fregonesi ve ark., 2014; Gümüş ve ark., 2008; Kundu ve ark., 2014; Xavier Mde ve ark., 2014). Işınlama işleminin, et ürünlerinde başarılı bir patojen inaktivasyonu sağlamasına karşın kaliteyi değiştirmeme konusunda bir garanti verememektedir. Işınlama işleminin farklı gıdalarda belirli dozların üzerinde istenmeyen tat, koku, renk ve yapı değişimlerine neden olabileceği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2002).

Kırmızı etten daha fazla yararlanmak için üretilen çeşitli et ürünleri içerisinde fermente sucuk, tüketiciler tarafından lezzet ve kalite açısından çok fazla tercih edilen bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Fermente sucuk üretiminin uzun ve ekonomik olmayışı ısıtma işlemi görmüş sucuk üretimini arttırırsa da fermente sucuk, lezzet ve görünüş bakımından tüketiciler tarafından talep görmektedir (Çon ve ark., 2002; Kaban, 2013). Fermente et ürünleri üzerine yapılmış çalışmaların genelinde piyasadan temin edilen fermente sucukların patojenlerle kontamine olabileceği sonucuna varılmıştır (Büyükcinal ve ark., 2016; Çon ve ark., 2002; Erdoğrul ve Ergün, 2005; Karakuş, 2011; Kaval ve ark., 2010; Kök ve ark., 2007; Öksüztepe ve ark., 2011; Pehlivanoglu ve ark., 2015; Sancak ve ark., 1996). Toplumda sucuk tüketme alışkanlıklarına bakıldığında, sucuk ısıtma işlemine tabi tutulmadan veya kısa süreli ısıtma işlemine tabi tutularak tüketilmektedir. Özellikle sucuklarda patojen bakteri bulunma riskini düşünöldüğünde bu durum tüketici açısından büyük risk oluşturmaktadır.

Bu çalışmamızda fermente sucuklarda gıda güvenliğini sağlamak amacıyla gelişebilen patojen bakteriler ve sporlu bakterilerin inhibisyonunun yanında starter kültürlerin ışınlamaya dayanıklı olup olmadıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda ışınlamanın fermente sucuktaki kimyasal özellikleri üzerine etkileri, özellikle yağ asidi bileşenleri; toplam doymamış yağ asidi ve toplam tekli doymamış yağ asidi miktarı, *trans* yağ oluşumu ve doymuş yağ asitlerindeki değişim tespit edilmiştir.

2.Materyal ve Metot

2.1.Materyal

Fermente sucuk örnekleri, tesadüfi örnekleme yöntemine göre Türkiye piyasasındaki marketlerden seçilmiş ve toplam 10 farklı ulusal markanın satışa hazır olarak ürettiği kangal sucuklardan seçilmiştir.

2.2.Metot

Sucukların her biri yaklaşık 250 gr olacak şekilde 4 eşit parçaya tartımı yapılarak ayrılmıştır. Ayrılan parçalardan her örneğin ilk grubu kontrol olarak seçilmiş, kalan parçalar 2, 4 ve 6 kGy ışınlama için gruplandırılmıştır. Gruplandırılan sucuklara ışınlama işlemi, Çerkezköy-Tekirdağ'da bulunan GAMMA-PAK Sterilizasyon Tic. A.ř. tesisinde uygulanmıştır. Işınlama işlemi, Co⁶⁰ (1.25 MeV) gamma ışını (mds, Nordion, Kanada) kullanılarak yapılmıştır. Fermente sucuk örnekleri 0 kGy (kontrol), 2 kGy, 4 kGy ve 6 kGy'lik ışınlama

dozlarına sırasıyla 74, 150 ve 230 dk süreyle tabi tutulmuştur. Absorbans dozları Horwell Amber Perspex dosimeter ile kontrol edilmiştir. Işınlanmış örnekler hemen mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Kimyasal analizler için ise ışınlanan örnekler, derin dondurucuda -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Işınlanmış sucuk örneklerinden aseptik koşullara uygun bir şekilde 5g örnek tartılarak, steril poşetlere konulmuştur ve üzerine 45 ml steril fizyolojik tuzlu su (FTS, % 0,85 NaCl) ilave edilerek, stomacherde (Bag Mixer Interscience) 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Bunu takiben hazırlanan homojenattan (10^{-1}) direk mikrobiyolojik ekimler yapılmıştır. Steril koşullar laminar akışlı kabinde, UV-lamba ile sağlanmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçları log kob g^{-1} olarak verilmiştir (Dalmiş, 2007).

Laktik asit bakterisi, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve maya-küf sayımı için sırasıyla Man Rogosa Sharpe (MRS broth, Merck), Tryptone Bile X–Glucuronide (TBX Merck) agar, Baird Parker Agar (BPA, Scharlau) ve Potato Dekstroz Agar (PDA, Merck) agar kullanılmıştır. Yayma plak yöntemi kullanılarak ekim yapılmış ve tipik koloniler sayılmıştır (Hughes ve ark., 2002; Kurt, 2012; Mehmet ve Gümüşsoy, 2005).

Stomacher ile homojen hale getirilmiş numunelerde sporlu bakteri aramak için dilüsyonlar su banyosunda 90 °C'de 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra normal bir besin ortamı olan Plate Count Agar (PCA, Difco) 'a ekim yapılmıştır. Ekim yapıldıktan sonra paralellerden biri areop şartlarda diğeri ise Anaerobik jar içerisinde Anaerob Cult (Merck) kullanılarak 37 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen kolonilerin sayımı yapılmıştır. Gelişen kolonileri doğrulamak için tipik kolonilere spor boyaması yapılmıştır.

Spor boyama işlemi için preparat hazırlanmış, kurutulmuş ve tespit edilmiştir. Malaşit yeşili (% 5) solüsyonu ile 5 dk boyanmıştır. Daha sonra saf su ile yıkanıp, safraninle 30 saniye muamele edilmiştir. Tekrar saf su ile yıkandıktan sonra kurutulmuş ve immersiyon objektifi ile muayene edilmiş yeşil renkli olanlar spor kırmızı renkte olanlar basil olarak kabul edilmiştir (Sert, 2002).

2.4. Kimyasal Analizler

Sucuk örneklerinden alınan 10 gram örnek 100 ml saf su ile karıştırılmış ve ultra-turrax'da 1 dakika süreyle homojenize edildikten sonra, birleşik elektrotlu pH-metre (HANNA instruments pH 211 marka dijital pH metre) ile ölçüm yapılmıştır (Yalınkılıç, 2009).

Örneklerin kesit yüzeyi renk ölçümü Hunter Lab (Model D-25 LT) ile yapılmıştır. Petri kapları içerisine yayılan örnekler cihaz haznesine yerleştirilip 6 kez ölçüm yapılarak ortalaması alınmıştır. Hunter'in (a) değeri kırmızılık ve yeşilliği, (b) değeri ise sarılık ve maviliği ölçer. (L) ışık değeri ve aydınlık derecesini (Lightness) ölçer ve 100 tam beyaz, 0 siyah arasında değişir. Renksel ölçümler (a ve b) renk tayinlerini verir (Altan, 2014).

Protein analizleri Kjeldahl protein tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. (Gündüz, 2010).

Sucuk örneklerinden yeterli miktarlarda yağ çıkarıldıktan sonra elde edilen yağ örnekleri AOCS (1993)'nin Ce 2-66'nolu metoduna göre BF3-metanol ile metil esterlerine dönüştürülmüştür. Yağ asidi metil esterleri, % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 50 m x 250 μ m i.d., 0.20 μ m film; Chrompack, Middelburg, Hollanda) özelliğine sahip gaz kromatografisine (Perkin-Elmer 8320B) 0.5 μ L enjekte edilerek yağ asidi bileşimini gösteren kromatogramlar belirlenmiştir. Elde edilen pikler bileşenlerin veya yağ asitlerinin alıkonma zamanlarına göre tanımlanmış ve hesaplanmıştır.

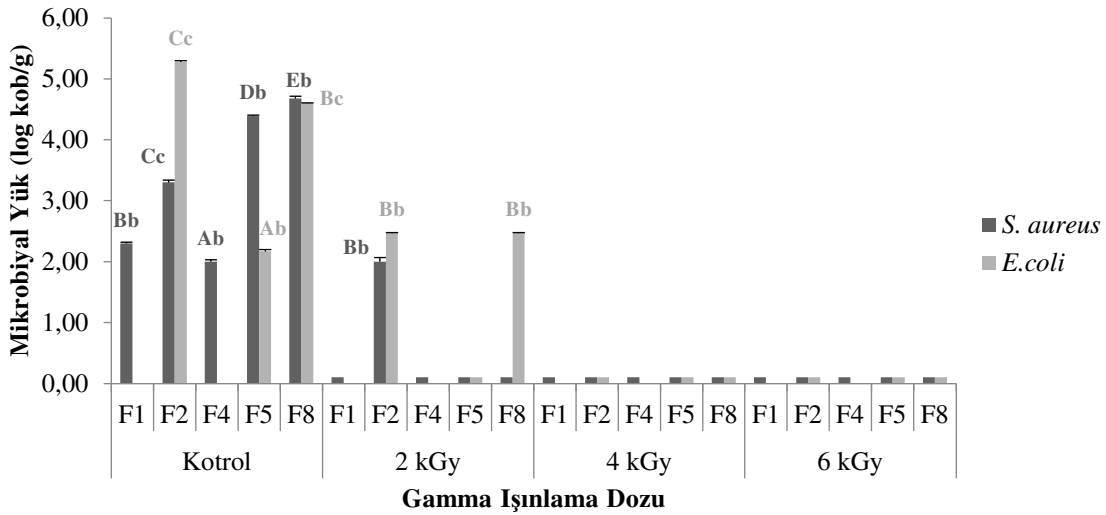
2.5. İstatistiksel Analiz

Araştırmalardan elde edilen veriler SPSS Statistics 18.0 paket programı kullanılarak Oneway Anova varyans analizine ve Paired-T testine tabi tutulup farklılıkların istatistiksel önemlilik sınırları belirlenmiştir. İstatistiksel analizde güven aralığı $p < 0.05$ olarak seçilmiştir. Oneway Anova analizine göre istatistiksel olarak önemli bulunan varyasyon kaynakları Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları çizelgeler halinde özetlenmiş ve önemli bulunan değişiklikler farklı harflerle gruplandırılmıştır.

3.Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Fermente sucuk örneklerinde tespit edilen *E.coli* ve *S.aureus* bakterileri üzerine gamma ışınlamanın etkisi Şekil 1’de gösterilmiştir. Örneklerin kontrol gruplarında, *E. coli*, 10 örneğın 3’ünde en fazla F2 örneğinde 5.28 log kob g⁻¹, en az ise K örneğinde 2.17 log kob g⁻¹ olarak bulunmuştur. *E.coli* tespit edilen örneklerde 2 kGy’lik ışınlama ile yaklaşık %99 azalma olurken, F2 örneğinde 2kGy’lik ışınlama ile yaklaşık %53 azalma tespit edilmiştir. B örneğinde ise 2 kGy’lik ışınlama *E.coli* sayısında üzerine yaklaşık %46 azalma sağlarken, 4kGy’lik ışınlama ile *E.coli*’nin %99’u örneklerin tümünde inhibe edilmiştir.

Kök ve ark. (2007) toplam 100 fermente sucuk örneğinin 16 tanesinde, Öksüztepe ve ark. (2011) mevcut örneklerini %15’inde, Erdoğan ve Ergün (2005)’de örneklerinin %15’inde, Kaval ve ark. (2010) araştırılan sucuk örneklerinin tümünde *E.coli* belirlemişlerdir. Karakuş (2011) ise çalışmamızdaki gibi 10 örneğın 3’ünde *E. coli* tespit ettiğini bildirmiştir. Satışa sunulan fermente sucuklarda tespit edilen *E.coli*’nin düşük dozlarla ışınlama ile inhibe edilmesi gıda güvenirliliği bakımından oldukça önemli olduğu düşünölmektedir.



Şekil 1. Fermente sucuk örneklerinde tespit edilen patojen bakteriler üzerine gamma ışınlamanın etkisi.

*A-D: Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

*a-c: Işınlama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Figure 1. Effect of gamma irradiation on pathogenic bacteria detected in fermented sausage samples.

*A-D: The difference between the samples is statistically significant (p<0.05).

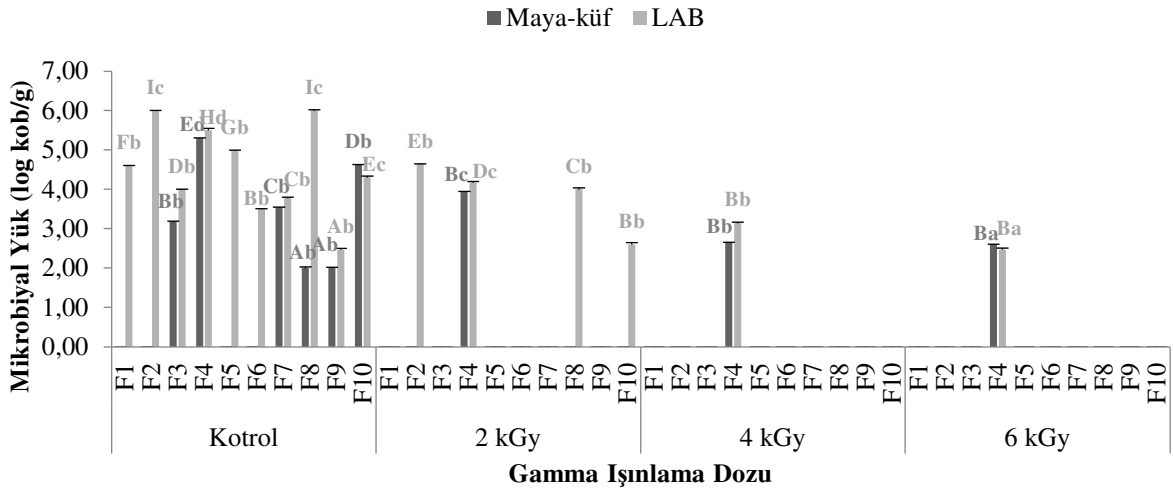
*a-c: The difference between irradiation doses is statistically significant (p<0.05).

S. aureus’ a 10 örneğın 5’inde rastlanmış ve *S. aureus* saptanan fermente sucuklar da en fazla F8 örneğinde 4.68±0,04 log kob g⁻¹, en az ise F4 örneğinde 2.00±0,03 log kob g⁻¹ bakteri saptanmıştır. Fermente sucukların *S. aureus* sayısı 2.00-4.68 log kob g⁻¹ aralığında değişmektedir. Bu çalışmada tespit edilen ortalama *S. aureus* sayısı 3.33±0.03 log kob g⁻¹’dir. 2 kGy’lik ışınlama F2 örneğinde *S. aureus* sayısı üzerinde yaklaşık %40 etkili olurken, 4 kGy’lik ışınlama %99’unu inhibe etmiştir. F1, F4, F5 ve F8 örneklerinde ise 2 kGy’lik bir ışınlama %99 etkili olmuştur. F1, F4, F5 ve F8 örneklerindeki *S.aureus* bakterisini yaklaşık 2 kGy’lik bir ışınlama dozu inhibe etmeye yetmiştir.

Çalışmamızda tespit edilen değerin, Kök ve ark. (2007)’nin buldukları 3.95±0.05 log kob g⁻¹ Çon ve ark. (2002) ’nin buldukları 4.57 log kob g⁻¹, Öksüztepe ve ark. (2011)’nin buldukları 3.99 log kob g⁻¹ ve Sancak ve ark. (1996)’nin buldukları 3.63 log kob g⁻¹ değerlerinden düşük, Karakuş (2011)’in bulduğu 3.07 log kob g⁻¹’dan yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

S. aureus özellikle pH değeri 4.2' nin üstünde olan fermente et ürünlerinde bulunabilme olasılığı yüksek olan bir bakteri türüdür. Bu nedenle, araştırma kapsamında sucuk örneklerinin *S. aureus* sayısı da belirlenmiştir. Ancak *S. aureus* ile gerçekleşen gıda zehirlenmeleri için minimum enfeksiyon dozunun 10^6 kob g^{-1} ' dan daha fazla olması gerektiği için (Çon ve ark., 2002), yaptığımız bu çalışma kapsamında incelenen fermente sucuk örneklerindeki *S. aureus* sayılarının zehirlenme etmeni olmayacağı açıktır. Ancak, yinede satışa sunulan fermente sucuk örneklerinde tespit edilen *S. aureus*' un düşük dozlarda ışınlama ile inhibe edilmesi gıda güvenliği bakımından oldukça önemlidir.

Fermente sucuğun olgunlaşmasında, hakim floranın oluşması ve sucuğa has kalite kriterlerinin meydana gelmesinde öncü olan laktik asit bakterilerinin markaların ışınlama grupları arasındaki farkı incelendiğinde kontrol ve 2 kGy ışınlanan örnekler arasında önemli bulunurken 4 kGy ve 6 kGy ışınlanan örnekler arasındaki fark F4 örneği hariç önemsiz bulunmuştur. Fermente sucuk örneklerinde Maya-küf ve Laktik asit bakterileri üzerine gamma ışınlamanın etkisi Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Fermente sucuk örneklerinde tespit edilen Maya-küf ve Laktik asit bakterileri üzerine gamma ışınlamanın etkisi.

*A-I: Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

*a-d: Örneklerin ışınlama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Figure 2. Effect of gamma irradiation on Mold-yeast and Lactic acid bacteria detected in fermented sausage samples.

*A-I: The difference between the samples is statistically significant ($p < 0.05$).

*a-d: The difference between irradiation doses is statistically significant ($p < 0.05$).

Ortalama LAB sayısı 4.51 ± 0.04 log kob g^{-1} ' dir. Fermente sucuklar üzerinde yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında bu çalışmadaki laktik asit bakteri sayısının Çoksever (2009) 5.72 log kob g^{-1} , Kaval ve ark. (2010) 5.74 log kob g^{-1} , Öksüztepe ve ark. (2011) 8.56 log kob g^{-1} , Erkmen ve Bozkurt (2004) 6.55 log kob g^{-1} , Karakuş (2011) 6.94 log kob g^{-1} değerlerinden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Pehlivanoğlu ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada piyasadan temin ettikleri 30 fermente sucuk numunesinin 22' sinin tam fermente sucuk olmadığını ileri sürmüşlerdir. Laktik asit bakterilerinin 14 üründe 1 log kob g^{-1} in altında olduğunu tespit etmişlerdir. Bulduğumuz değerlerin yapılan diğer çalışmalardan düşük olmasını, bazı ürünlerin tam fermente sucuk özelliğine sahip olmaması şeklinde açıklayabiliriz.

Örneklerin $90^\circ C$ ' de 10 dakika ısıtılma tabi tutulduktan sonra; Anaerobik şartlarda sporlu bakteri aranması muhtemel *Clostridium* spp. varlığının belirlenmesi için, Aerobik şartlarda sporlu bakteri aranması ise muhtemel *Bacillus* spp. varlığının belirlenmesi için yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler sonucunda anaerob bakteri tespit edilemezken, aerob şartlarda ışınlanmamış F1, F2, F3 ve F8 örneklerinde bakteri tespit edilmiş ve bunların sporlu

olup olmadıklarını belirlemek için tipik kolonilere spor boyaması testi uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda sporlu bakteriye rastlanmamış, bu bakterilerin ısıya dayanıklı bakteriler olduğu kanısına varılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda maya küf tespit edilen örnekler arasında en fazla maya- küf sayısı F4 örneğinde 5.30 log kob g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. En az maya küf sayısı ise F8 ve F9 örneklerinde 2.00 log kob g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Maya küf belirlenen fermente sucuklardaki ortalama maya küf sayısı ise 3.73±0.03 lob kob g⁻¹'dir. F1, F3, F5, F6, F7 ve F9 örneklerinde 2 kGy'lik ışınlama işleminin, maya-küf veya laktik asit bakterisi sayısını tespit edilebilir seviyesinin (<10¹ kob g⁻¹) altına düşürdüğü için yaklaşık olarak %99 etkili olduğu görülmüştür. F4 örneğinde 2 kGy'lik ışınlama, maya küf sayısı üzerine yaklaşık % 26, 4 kGy'lik ışınlama %50 ve 6 kGy'lik ışınlama ise %51 etki etmiştir. Aynı zamanda F4 örneğindeki maya-küf ve laktik asit bakterilerinin gamma ışınlamaya dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Fermente sucukların olgunlaşmalarının ilk günlerinde çevre koşullarına bağlı olarak küf ve mayaların sayısında hızlı bir artış olmakta ve sayıları 10⁶ kob g⁻¹'a kadar ulaşmaktadır. İlerleyen günlerde; pH, su aktivitesi ve redoks potansiyel değerinin düşmesiyle olgunlaşmanın sonuna doğru maya-küf sayısı azalmakta ve sucuğun dış kısımlarına doğru yoğunlaşmaktadır (Inal, 1973; Tekinşen ve ark., 1982). Gelişen bu küf ve mayaların bazı türleri sucuklarda renk, aroma ve koku özellikleri üzerine olumlu etkiye sahipken, diğer bazı türleri ise sucukların bozulmasına neden olmaktadır (Şenol ve Nazlı, 1996).

Sucuk örneklerinde yapılan çalışmalara göre bulunduğumuz ortalama maya-küf sayısı 3.73±0.03 log kob g⁻¹, Çon ve ark. (2002); Çoksever (2009); Demirci ve ark. (2004); Karakuş (2011) ve Sancak ve ark. (1996)'ın bulunduğu değerlerden düşüve ark.k; Erkmen ve Bozkurt (2004); Kaval ve ark. (2010) ve Pehlivanoğlu ve ark. (2015)'nın bulunduğu değerlerin arasında Kök ve ark. (2007) ve Öksüztepe ve ark. (2011)'nin bulunduğu değerlerden yüksek çıkmıştır.

Chouliara ve ark. (2006) yunan tipi fermente sucuklar üzerine yaptıkları çalışmada enterokok ve patojenik stafilokokun 2 log kob g⁻¹'dan az azaldığını ve mayalardan sonra laktik asit bakterilerinin ışınlamaya en dirençli türler olduklarını belirtmişlerdir. Buna paralel olarak çalışmamızda da *S. aureus* ve *E.coli* tüm ışınlama dozlarından etkilenmiştir. 2 kGy'lik ışınlama sonucunda *E. coli* tespit edilen 3 örneğinin 2'sinde hala mikroorganizma bulunurken *S. aureus* tespit edilen 5 örneğin sadece 1'inde bakteri tespit edilmiştir. 4 kGy'lik ışınlama sonucunda ise hiçbir örnekte *S aureus* ve *E. coli*'ye rastlanmamıştır. Tüm bu sonuçların ışığında maya- küf ve laktik asit bakterileri ışınlamaya en dayanıklı türler olarak belirlenmiştir.

Fermente sucuk örneklerine yapılan protein ve pH analizleri sonucunda örneklerin 2,4 ve 6 kGy ışınlama işlemine tabi tutulan partilerinde istatistiksel olarak önemli bir değişme olmadığı tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama pH ve % protein miktarları Tablo 1' de verilmiştir. En yüksek protein içeriği %18 ile F9 örneğinde olurken F5 en düşük protein miktarına sahip örnek olmuştur. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri 2018/52' nolu Tebliğ kapsamında (toplam et proteini değeri kütlece en az % 16) F2, F5, F6 ve F7 örneklerinin protein içerikleri uygunsuz bulunmuştur. 10 örneğin ortalaması alındığında fermente sucukların % protein içeriği 16.01±1.05 olarak belirlenmiştir. Bu değer; Kurt (2012), Demirci ve ark. (2004) ve Sancak ve ark. (1996)'ın buldukları % protein oranının altında, Karakuş (2011), Öksüztepe ve ark. (2011) ve Turhan ve ark. (2010)' ün bulduğu değerlerin arasındadır.

Örneklerin pH değerleri 5.14 ile 5.57 arasında değişmektedir. F2, F9 ve F10 örneklerini pH değerleri Türk Gıda Kodeksi 2018/52 nolu Tebliđ'e (pH değerı en yüksek 5.4) göre yüksek bulunmuştur. F2 ve F10 örneklerinde yüksek oranda LAB tespit edilmesine karşın pH değerinin yüksek olması, sucukların ısı işlem kullanılarak daha kısa sürede doğal kurutma uygulanmadan üretilmiş olmaları ile açıklanabilir (Pehlivanođlu ve ark., 2015). Türk sucuğu ile ilgili yapılan çalışmalarda elde edilen pH değerleri, incelendiğinde, Sancak ve ark. (1996), Çoksever (2009) ve Geçgel (2016)'un buldukları değerlerden düşük, Öksüztepe ve ark. (2011) 'in buldukları ortalama değerden büyük, Demirci ve ark. (2004), Erkmen ve Bozkurt (2004), Kaval ve ark. (2010), Pehlivanođlu ve ark. (2015) ve Počan ve ark. (2015)'in buldukları değerler ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 1. Fermente Sucuk örneklerinin % Protein ve pH değerleri.
Table 1. % Protein and pH values of fermented sausage samples.

Örnek	% Protein	pH
F1	16.11±0.01 ^e	5.36±0.04 ^{de}
F2	15.80±0.02^c	5.50±0.05^f
F3	16.39±0.02 ^h	5.35±0.03 ^{de}
F4	16.73±0.03 ⁱ	5.25±0.03 ^b
F5	14.21±0.01^a	5.34±0.03 ^{cd}
F6	15.99±0.03^d	5.17±0.03 ^a
F7	14.43±0.01^b	5.30±0.02 ^{cd}
F8	16.28±0.02 ^g	5.29±0.02 ^{bc}
F9	18.00±0.03 ^j	5.47±0.02^f
F10	16.19±0.02 ^f	5.51±0.04^f

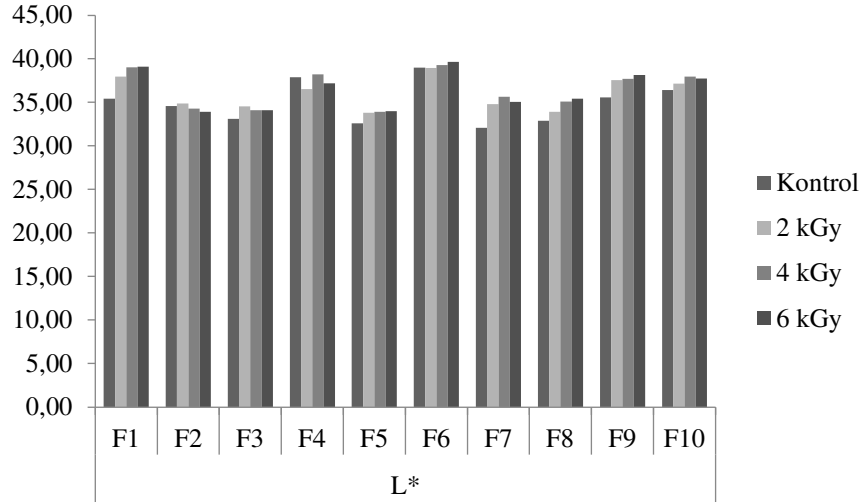
^{*a-j} Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

^{*a-j} The difference between the samples is statistically significant ($p<0.05$).

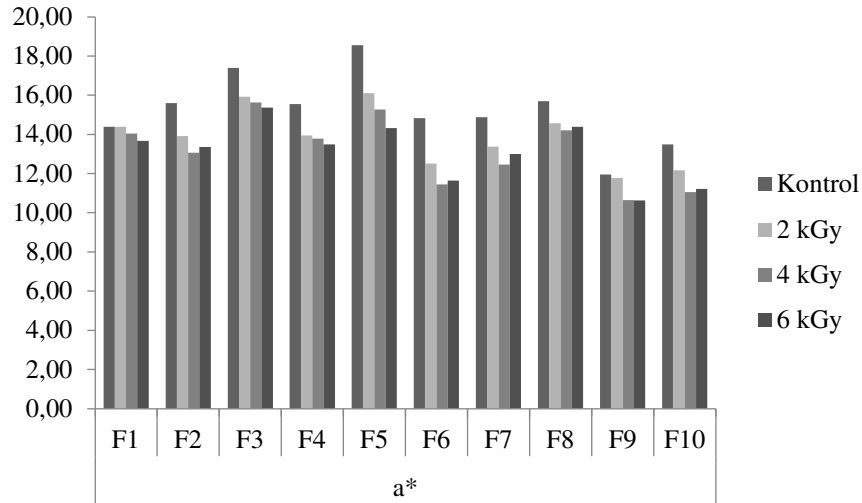
Fermente sucuklarda önemli parametrelerden olan Hunter Lab L* renk değerleri Şekil 4' te verilmiştir. Işınlama işleminin örneklerin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek kırmızılık ve sarılık değerleri kontrol grubu örneklerde bulunmuştur. En düşük L* değeri ise ışınlama işlemi görmemiş örneklerde tespit edilmiştir. Yani ışınlama işlemi ile renk koyulaşmıştır. Kontrol grubu örneklerin L* değeri 32.57±0.05 (F7) ile 38.99±0.08 (F8) arasında değişmektedir. En yüksek parlaklık değeri ise 6 kGy ışınlamaya maruz bırakılmış F6 örneğinde 39.65±0.01 olarak bulunmuştur. Örneklerin %70'inde L* değerinde istatistiksel olarak en büyük değişim 4 kGy ışınlama sonucundan olmuştur. 4-6 kGy ışınlama arasında; örneklerin 2 tanesinde istatistiksel olarak bir değişim gözlemlenmemişken 5' inde parlaklık değerinde azalma, 3'ünde ise artış meydana geldiği görülmüştür ($p<0.05$). Örneklerin geneline bakıldığında ışınlama şiddeti arttıkça L* değeri de artış göstermiştir. İstatistiksel olarak L* değerindeki en az değişim 2 kGy ışınlanan örneklerdedir.

Kontrol grubu örneklerin b* değerleri 10.30±0.03-15.17±0.07 aralığında değişmektedir. 2 kGy ışınlanan örneklerin % 90'ında kontrol gruplarına göre b* değerinde istatistiksel olarak bir azalma görülmüştür. 4kGy ışınlanan örneklerin % 80'inde 2 kGy ışınlananlara göre istatistiksel olarak daha fazla azalma olduğu tespit edilmiş olup 6 kGy ışınlananlarda ise 4 kGy ışınlananlara göre 3 tanesinde azalma olduğu belirlenmiştir. Genel olarak ışınlamanın şiddeti arttıkça b* değerinde önemli bir azalma olmuştur ($p<0.05$). b* değerlerine göre Işınlama dozu arttıkça sucuk örneklerinin rengi sarıdan maviye doğru geçiş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).

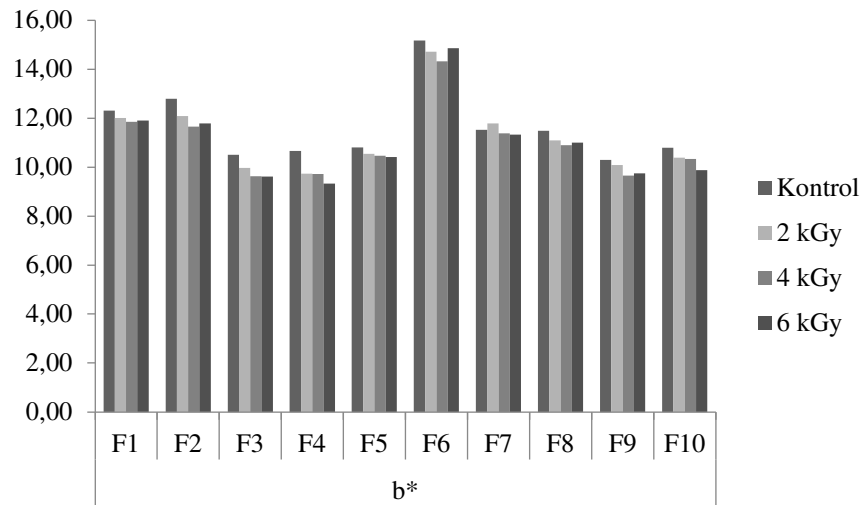
Tüm örnek gruplarına bakıldığında en düşük a* değeri 10.63±0.06 bulunurken en yüksek değer 18.56±0.09 olarak bulunmuştur. Örneklerin % 90'ında en yüksek a* değerleri kontrol grubunda bulunmuştur. İstatistiksel olarak en düşük kırmızılık değerleri ise 6 kGy ışınlanan örneklerin %70'inde tespit edilmiştir ($p<0.05$). 2 kGy ışınlama işlemi örneklerin a* değerlerinde istatistiksel olarak en az değişime sebebiyet veren doz olarak belirlenmiştir. Genel olarak ışınlama dozu arttıkça örneklerin kırmızılık değerlerinde azalma mavilik değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Fermente sucuklarda ışınlama işlemi ile L* değerindeki değişim.
Figure 4. Change in L* value by irradiation in fermented sausages.



Şekil 5. Fermente sucuklarda ışınlama işlemi ile a* değerindeki değişim.
Figure 5. Change in a* value by irradiation in fermented sausages.



Şekil 6. Fermente sucuklarda ışınlama işlemi ile b* değerindeki değişim.
Figure 6. Change in b* value by irradiation in fermented sausages.

Örneklerin ışınlama işlemi sonucunda toplam renk farkı (ΔE) değişimlerine bakıldığında istatistiksel olarak en büyük değişim kontrol grupları ile 4 kGy ışınlanan gruplar arasında olmuştur. Genel olarak ΔE bakımından ışınlama işleminden en fazla F7 örneği etkilenmiştir. ΔE değerinde, en az değişim 6 kGy ışınlanan örneklerin 6'sı ve 2 kGy ışınlanan örneklerin 4'ünde olmuştur. Toplam renk farkındaki değişim örnekler bazında değerlendirildiğinde en az değişim F6 örneğinin 6 kGy ışınlanmış gurubunda bulunmuştur. Renk analiz sonuçlarımız Karakuş (2011) ve Chouliara ve ark. (2006)'un buldukları değerlerden yüksek; Poçan ve ark. (2015)'un buldukları değerler ile paralellik göstermektedir.

Mikrobiyolojik analiz sonuçları incelendiğinde; 4 kGy'lik bir ışınlama ile patojen bakterilerin neredeyse tamamının inhibe olduğunun belirlenmesine karşın, bu dozda (4 kGy) maya-küf sayısının dirençli olduğunun tespit edilmesi, 6 kGy'lik bir ışınlama işleminin uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda örneklerin maksimum dozda (6kGy) yağ asitleri bileşiminde meydana gelen değişimi belirlemek amacıyla Tablo 2 ve 3'te verilen analizler yapılmıştır. Fermente sucukların 6 kGy ışınlama işlemi ile yağ asitleri bileşimindeki değişim aşağıdaki gibidir.

Işınlama işleminin sucuğun tekstürel özellikleri üzerine etkisi düşük olduğundan yağ asitleri kompozisyondaki değişimi görebilmek adına analiz kontrol grubu ile 6 kGy ışınlanmış örnek grupları arasında yapılmıştır. Yağ asitleri oranları; C16:0 %24.35-31.50; C16:1 %2.92-5.02; C18:0 %15.14-26.17; C18:1n9 %29.44-38.34; C18:2n6 %1.65-3.06 ve C18:1trans %1.36-3.20 değerleri arasında bulunmuştur (Tablo 2 ve Tablo 3).

Tablo 2 ve 3'te de görüldüğü üzere fermente sucuk örneklerinin yağ asidi bileşiminin büyük bir kısmını C18:1 (%34.16), C16:0 (% 26.33) ve C18:0 (%20.77) yağ asitleri oluşturmaktadır. Işınlama işlemi ile toplam doymuş yağ asitlerinin oranı örneklerin tümünde artış göstermiştir. 6 kGy ışınlanma sonucunda ürünlerin C16:0 ve C18:0 içeriklerinde sırasıyla %12.54 ve %6.04 oranda artış meydana gelmiştir. Çalışmamızda kullanılan fermente sucukların yağ asitleri bileşiminin ortalama % 34.16'sını oluşturan C18:1n9, incelediğimiz tüm örneklerde ışınlama dozuna bağlı olarak kontrol grubuna göre önemli ($p<0.05$) ölçüde azalma göstermiştir.

Toplam doymamış yağ asidi oranı 6 kGy'lik ışınlanmanın etkisi ile tüm örneklerde önemli ($p<0.05$) derecede azalmıştır. Tekli doymamış yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitleri üzerine 6 kGy'lik ışınlanmanın etkisini incelediğimizde örneklerin tümünde önemli ($p<0.05$) derecede azalma saptanmıştır.

Örneklerde trans yağ asidi olarak tespit edilen; C14:1 trans, C16:1 trans, C17:1 trans ve C18:1 trans yağ asitlerinin % oranı ortalama olarak sırasıyla 0.38 ± 0.04 ; 0.91 ± 0.03 ; 0.18 ± 0.01 ve 2.28 ± 0.03 olarak bulunmuştur. Gamma ışınlama işlemi sonucunda örneklerin tümünde toplam trans yağ asidi içeriği önemli ($p<0.05$) derecede artış göstermiştir. En fazla toplam trans yağ asidi artışı F7 örneğinde %16.41 olurken en az artış F8 örneğinde %3.55 bulunmuştur. Sonuç olarak ışınlama işleminden en fazla olumsuz etkilenen örnek, F2 örneği olmuştur.

Tablo 2. Fermente sucuklarda yağ asidi bileşimi üzerine ışınlama işleminin etkisi.

Table 2. Effect of irradiation on fatty acid composition in fermented sausages.

Yağ Asitleri (%)	Işınlama dozu (kGy)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
C10:0 <i>Kaprik asit</i>	Kontrol (0)	0.08	0.09	0.09	0.09	0.11	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
	6	0.09	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.09	0.08	0.09	0.09
C12:0 <i>Laurik asit</i>	Kontrol (0)	0.05	0.08	0.09	0.11	0.70	0.07	0.06	0.08	0.05	0.05
	6	0.06	0.09	0.10	0.12	0.72	0.08	0.07	0.09	0.06	0.06
C14:0 <i>Miristik asit</i>	Kontrol (0)	3.05	3.58	3.32	3.61	3.26	3.21	3.16	3.05	3.41	3.21
	6	3.17	4.51	3.63	3.88	3.68	3.42	3.31	3.15	3.47	3.28

<i>C14:1</i> <i>Miristoleik</i>	Kontrol (0)	0.53	0.78	0.68	0.72	0.65	0.68	0.61	0.62	0.69	0.69
	6	0.48	0.68	0.55	0.66	0.64	0.66	0.60	0.61	0.67	0.65
<i>C14:1 Trans</i>	Kontrol (0)	0.26	0.34	0.56	0.39	0.37	0.29	0.32	0.32	0.26	0.32
	6	0.27	0.74	0.72	0.41	0.44	0.30	0.33	0.34	0.32	0.37
<i>C16:0</i> <i>Palmitik asit</i>	Kontrol (0)	24.35	27.99	27.42	28.28	26.93	25.67	25.21	25.40	26.14	25.88
	6	25.70	31.50	27.69	29.12	28.41	26.82	26.37	25.89	26.19	26.42
<i>C16:1</i> <i>Palmitoleik</i>	Kontrol (0)	2.99	4.57	3.75	3.61	4.44	3.26	3.04	3.24	5.02	4.41
	6	2.92	4.23	3.73	3.59	4.07	3.14	3.01	3.21	4.68	4.31
<i>C16:1 Trans</i>	Kontrol (0)	0.87	0.89	0.86	1.10	0.85	0.88	0.85	0.88	0.76	0.84
	6	0.92	0.92	0.98	1.22	0.87	0.96	0.92	0.89	0.79	0.91
<i>C17:0</i> <i>Margarik</i>	Kontrol (0)	1.54	1.52	1.68	1.59	1.64	1.65	1.75	1.59	1.50	1.67
	6	1.63	1.72	1.79	1.68	1.65	1.69	1.83	1.60	1.76	1.78
<i>C17:1</i> <i>Heptadesenoik</i>	Kontrol (0)	0.45	0.63	0.57	0.48	0.59	0.46	0.61	0.45	0.65	0.66
	6	0.43	0.56	0.50	0.39	0.58	0.37	0.54	0.43	0.81	0.76
<i>C17:1 Trans</i>	Kontrol (0)	0.17	0.11	0.17	0.17	0.23	0.12	0.17	0.18	0.12	0.17
	6	0.18	0.17	0.20	0.19	0.24	0.17	0.20	0.20	0.19	0.22
<i>C18:0</i> <i>Stearik</i>	Kontrol (0)	23.70	16.86	21.45	22.22	18.00	25.43	23.65	23.57	15.14	17.63
	6	23.87	17.88	22.62	22.48	18.99	26.17	23.82	23.89	15.66	17.93

Tablo 3. Fermente sucuklarda yağ asidi bileşimi üzerine ışınlama işleminin etkisi (Devam).

Table 3. Effect of irradiation on fatty acid composition in fermented sausages (Continued).

Yağ Asitleri (%)	Işınlama dozu (kGy)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<i>C18:1n9</i> <i>Oleik</i>	Kontrol (0)	34.17	35.28	33.07	31.21	35.35	30.01	33.30	33.87	38.34	36.98
	6	33.67	32.21	32.31	30.18	33.48	29.44	33.05	33.49	37.83	35.91
<i>C18:2n6</i> <i>Linoleik</i>	Kontrol (0)	3.06	2.26	2.35	2.23	2.20	2.54	2.41	2.65	2.88	2.67
	6	2.44	1.71	2.06	1.99	1.65	2.48	2.05	2.55	2.35	2.18
<i>C18:1trans</i>	Kontrol (0)	2.92	2.01	1.88	2.00	1.36	3.01	2.25	2.28	2.19	2.21
	6	3.20	2.07	1.91	2.13	1.70	3.08	2.55	2.36	2.23	2.26

C20:0 <i>Araşidik</i>	Kontrol (0)	0.11	0.08	0.12	0.12	0.09	0.17	0.12	0.11	0.11	0.31
	6	0.13	0.15	0.13	0.13	0.12	0.19	0.18	0.17	0.15	0.35
C20:1 <i>Eikosenoik</i>	Kontrol (0)	0.33	0.19	0.23	0.34	0.28	0.22	0.44	0.14	0.71	0.82
	6	0.05	0.05	0.09	0.23	0.16	0.11	0.32	0.05	0.57	0.74
Toplam Yağ Asitleri	Kontrol (0)	98.63	97.26	98.29	98.27	97.05	97.75	98.03	98.50	98.05	98.60
	6	99.21	99.30	99.12	98.52	97.52	99.20	99.24	99.00	97.82	98.22
Tanımlanmayan Toplam Yağ Asitleri	Kontrol (0)	1.37	2.74	1.71	1.73	2.95	2.25	1.97	1.50	1.95	1.40
	6	0.79	0.70	0.88	1.48	2.48	0.80	0.76	1.00	2.18	1.78
Toplam Doymuş Yağ Asitleri	Kontrol (0)	52.88	50.20	54.17	56.02	50.73	56.28	54.03	53.87	46.43	48.83
	6	54.65	55.96	56.07	57.53	53.69	58.49	55.67	54.87	47.38	49.91
Toplam Doymamış Yağ Asitleri	Kontrol (0)	45.75	47.06	44.12	42.25	46.32	41.47	44.00	44.63	51.62	49.77
	6	44.96	43.34	43.05	40.99	43.83	40.71	43.57	44.13	50.44	48.31
Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi	Kontrol (0)	42.69	44.80	41.77	40.02	44.12	38.93	41.59	41.98	48.74	47.10
	6	42.12	41.63	40.99	39.00	42.18	38.23	41.52	41.58	48.09	46.13
Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	Kontrol (0)	3.06	2.26	2.35	2.23	2.20	2.54	2.41	2.65	2.88	2.67
	6	2.84	1.71	2.06	1.99	1.65	2.48	2.05	2.55	2.35	2.18
Toplam Trans Yağ Asitleri	Kontrol (0)	4.22	3.35	3.47	3.66	2.81	4.30	3.59	3.66	3.33	3.54
	6	4.57	3.90	3.81	3.95	3.25	4.51	4.00	3.79	3.53	3.76

Fermente sucukların 6 kGy dozda ışınlanması sonucu, yağ asidi bileşimlerindeki değişimler Chen ve ark. (2007), Yılmaz ve Geçgel (2007) ve Stefanova ve ark., (2011) yapmış oldukları çalışmalarla paralellik göstermiştir.

4.Sonuç ve Öneriler

Çalışmamız, Türkiye piyasasında üretilen ulusal markalara ait fermente sucukların insan sağlığı için tehlike oluşturabilecek *E. coli* ve *S. aureus* gibi patojenlerle kontamine olabileceğini göstermiştir. Bu durum üretim aşamasında kaliteli hammadde, tuzlama işlemleri, starter kültürlerin aktivitesi, personel hijyeni, alet ve ekipman temizliği gibi önlemlerle giderilebilir. Ürüne sonradan bulaşmayı önlemek ve ürünü ısıl işleme tabi tutmadan ambalajlı bir şekilde tüketici sağlığına uygun olarak piyasaya sunmak için ışınlama işlemi uygulanabilir. Çalışmamız, patojen bakterilerin maksimum 4 kGy gibi düşük bir dozda ışınlama ile inhibe edilebileceğini göstermiştir. Bu durum, sucuk örneklerinde düşük dozlarda ışınlama yapılarak, sucuk tekstüründe önemli bir değişim belirlenmezken, mikrobiyal açıdan daha kaliteli bir ürün elde edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca sucukta *Clostridium botulinum*'u inhibe etmek için kullanılan nitrit miktarını düşürmek amacıyla düşük dozlarda ışınlama işleminin bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Bu konuda yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Kaynakça

- Altan, D.D. (2014). *Kuşburnu meyvesinin geleneksel yöntemle meyve suyuna işlenmesi aşamalarında antioksidan kapasite değişiminin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
- Büyükkünel, S.K., Şakar, F.Ş., Turhan, İ., Erginbaş, Ç., Sandıkçı Altunatmaz, S., Yılmaz Aksu, F., Yılmaz Eker, F., Kahraman, T. (2016). Presence of Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157 and Nitrate-Nitrite Residue Levels in Turkish Traditional Fermented Meat Products (Sucuk and Pastırma). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 22(2): 233-236
- Byun, M.W., Lee, J.W., Yook, H.S., Lee, K.H., Kim, S., Kim, W.J., Kim, K.S. (2000). Effect of gamma irradiation on the raw meat in Bologna sausage production. *International journal of food science & technology* 35(6): 599-601
- Chen, Y., Zhou, G., Zhu, X., Xu, X., Tang, X., Gao, F. (2007). Effect of low dose gamma irradiation on beef quality and fatty acid composition of beef intramuscular lipid. *Meat Science* 75(3): 423-431
- Chouliara, I., Samelis, J., Kakouri, A., Badeka, A., Savvaidis, I., Riganakos, K., Kontominas, M. (2006). Effect of irradiation of frozen meat/fat trimmings on microbiological and physicochemical quality attributes of dry fermented sausages. *Meat Science* 74(2): 303-311
- Çoksever, E. (2009). *Farklı oranlarda turunç albedosu ilavesinin sucuk kalitesi üzerine etkisi*. (Doktora Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Çon, A., Doğu, M., Gökalp, H. (2002). Afyon'da büyük kapasiteli et işletmelerinde üretilen sucuk örneklerinin bazı mikrobiyolojik özelliklerinin periyodik olarak belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 26: 11-16
- Dalmış, Ü. (2007). *Sucukta Üretim ve Depolama Strasında Meydana Gelen Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Değişmeler*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Demirci, M., Kantarcı, A., Yılmaz, İ. (2004). İstanbul Piyasasında Üretilen Bazı Fermente Sucukların Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi.. *Türkiye 8. Gıda Kongresi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 26-28 Mayıs 2004, P.71. Bursa, Türkiye.
- Erdoğrul, Ö., Ergün, Ö. (2005). Kahramanmaraş Piyasasında Tüketilen Sucukların Bazı Fiziksel, Kimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 31(1): 55-65
- Erkmen, O., Bozkurt, H. (2004). Quality characteristics of retailed sucuk (Turkish dry-fermented sausage). *Food Technology and Biotechnology* 42(1): 63-70
- Fadhel, Y.B., Leroy, V., Dussault, D., St-Yves, F., Lauzon, M., Salmieri, S., Jamshidian, M., Vu, D.K., Lacroix, M. (2016). Combined effects of marinating and γ -irradiation in ensuring safety, protection of nutritional value and increase in shelf-life of ready-to-cook meat for immunocompromised patients. *Meat Science* 118: 43-51.
- Fregonesi, R.P., Portes, R.G., Aguiar, A.M.M., Figueira, L.C., Gonçaves, C.B., Arthur, V., Lima, C.G., Fernandes, A.M., Trindade, M.A. (2014). Irradiated vacuum-packed lamb meat stored under refrigeration: Microbiology, physicochemical stability and sensory acceptance. *Meat Science* 97(2): 151-155
- Fu, A.H., Sebranek, J., Murano, E. (1995). Survival of Listeria monocytogenes, Yersinia enterocolitica and Escherichia coli O157: H7 and quality changes after irradiation of beef steaks and ground beef. *Journal of Food Science* 60(5): 972-977
- Geçgel, Ü. (2016). Soğuk pres yağlar ilave edilerek üretilen fermente sucukların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(4)
- Gumus, T., Demirci, A.Ş., Velioglu, H.M., Velioglu, S.D., Yılmaz, I., Sagdic, O. (2008). Application of gamma irradiation for inactivation of three pathogenic bacteria inoculated into meatballs. *Radiation Physics and Chemistry* 77(9): 1093-1096
- Gündüz, A. (2010). *Diyet lif ilave edilerek üretilen hamburger köftesinin kalite özellikleri*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
- Hughes, M., Kerry, J., Arendt, E., Kenneally, P., McSweeney, P., O'neill, E. (2002). Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Science* 62(2): 205-216
- Inal, T. (1973). Türk fermente sucuğunun bakteriyolojik kalitesi ve mikrobiyolojik standardizasyonu. *Bornova Veteriner Araştırma Enstitüsü Dergisi* 14(26-27): 95-103.
- Kaban, G. (2013). Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science* 95(4): 912-918.
- Karakuş, M.C. (2011). *Tokat bölgesinde üretilen bez sucukların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
- Kaval, N., Öncül, N., Yıldırım, Z., Ensoy, Ü. (2010). Tokat bez sucuğunun mikrobiyolojik niteliklerinin incelenmesi. *The 1st International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus*. 15-17 April, P. 418. Tekirdağ, Turkey.
- Kim, Y., Nam, K., Ahn, D. (2002). Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Science* 61(3): 257-265
- Korel, F., Orman, S. (2005). Gıda Işınlaması, Uygulamaları ve Tüketicinin Işınlanmış Gıdaya Bakış Açısı. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 9(2): 19-27
- Kök, F., Özbey, G., Muz, A. (2007). Aydın ilinde satışa sunulan fermente sucukların mikrobiyolojik kalitelerinin incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 21(6): 249-252
- Kundu, D., Gill, A., Lui, C., Goswami, N., Holley, R. (2014). Use of low dose e-beam irradiation to reduce E. coli O157: H7, non-O157 (VTEC) E. coli and Salmonella viability on meat surfaces. *Meat Science* 96(1): 413-418
- Kurt, A. (2012). *Fermente Sucuk Üretiminde Kuru İncir ve Taze Siyah İncir Kullanımı*. (Yüksek Lisans Tezi) Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar

- Mehmet, E.F.E., Gümüşsoy, K.S. (2005). Ankara garnizonunda tüketime sunulan tavuk etlerinin mikrobiyolojik analizi. *Sağlık Bilimleri Dergisi* 14(3): 151-157
- Öksüztepe, G., Güran, H.ř., İncili, G.K., Gül, S.B. (2011). Elazığ'da tüketime sunulan fermente sucukların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi* 25(3): 107-117
- Pehlivanoglu, H., Nazlı, B., İmamoğlu, H., Çakır, B. (2015). Piyasada fermente sucuk olarak satılan ürünlerin kalite özelliklerinin saptanması ve geleneksel Türk fermente sucuğu ile karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 41(2): 191-198
- Poçan, H.B., Babaoğlu, A.S., Kübra, Ü., Karakaya, M. (2015). Ticari Olarak Satışa Sunulan Farklı Tıp Sucukların Fizikokimyasal ve Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences* (4): 1-10
- Sancak, Y.C., Kayaardı, S., Sağun, E., İşleyici, Ö., Sancak, H. (1996). Van piyasasında tüketime sunulan fermente Türk sucuklarının fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve organoleptik niteliklerinin incelenmesi. *Yüüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 7(1): 67-73
- Sert, S. (2002). Genel mikrobiyoloji laboratuvar notları: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi: Ders Yayınları, Erzurum
- Stefanova, R., Toshkov, S., Vasilev, N.V., Vassilev, N.G., Marekov, I.N. (2011). Effect of gamma-ray irradiation on the fatty acid profile of irradiated beef meat. *Food chemistry* 127(2): 461-466
- şenol, A., Nazlı, B. (1996). Fermente sucuklarda bozulmalara neden olan faktörlerin tespiti üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 22(2): 355-370
- Tekinşen, O., Dinçer, B., Kaymaz, ř., Yücel, A. (1982). Türk sucuğunun olgunlaşması sırasında mikrobiyel flora ve ve organoleptik niteliklerindeki değişimler. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 29: 111-130
- Turhan, S., Temiz, H., Üstün, N. (2010). Bez sucukların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *The 1st International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus*. 15-17 April, Tekirdağ, Turkey.
- Xavier Mde L., Dauber, C., Mussio, P., Delgado, E., Maquieira, A., Soria, A., Curuchet, A., Marquez, R., Mendez, C., López, T. (2014). Use of mild irradiation doses to control pathogenic bacteria on meat trimmings for production of patties aiming at provoking minimal changes in quality attributes. *Meat Science* 98(3): 383-391
- Yalınkılıç, B. (2009). *Sucuk Üretiminde Portakal Lifli Kullanımı*. (Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Yılmaz, I., Geçgel, U. (2007). Effects of gamma irradiation on trans fatty acid composition in ground beef. *Food Control* 18(6): 635-638

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Germination and Early Growth Performances of Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Genotypes Under Salinity Stress

Tuzluluk Stresi Altındaki Maş Fasulyesi (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Genotiplerinin Çimlenme ve Erken Gelişme Performansları

Berk BENLIOĞLU^{1*}, Ugur OZKAN¹


Abstract

Salinity is the abiotic stress factor that most restricts agricultural production after drought. In this study, mung beans (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes were analyzed the resistance performance to salinity stress in germination stage and early seedling stage. In accordance with this purpose, 17 mung bean genotypes were used in the study. Genotypes used in the study were treated with distilled water (0) and 2 different salt doses (4 and 8 mmhos cm⁻¹ NaCl) as the control group. Petri dishes were allowed to stay at room temperature (25 °C) for 9 days, and salt solution was added when required. The data obtained from the study, were obtained on the average of the measurements made on the 9th day and then analyzed. Germination power, root length, shoot length, fresh weight and dry weight were determined as the analyzed parameters in the study. Increasing NaCl doses generally affected all parameters negatively. According to the analysis of variance with the results obtained, the genotypic effect was found to be statistically significant in all parameters, which was analyzed in this study. Stress dose was found to be statistically significant in all parameters except the dry weight parameter. In addition to this, genotype × stress dose interaction was determined to be statistically significant in germination power, root length and shoot length parameters. Genotypes, which were numbered No.20 and No.24, had maximum results in statistically important parameters such as germination power (97.00-94.11%), root length (1.557-1.563 cm) and shoot length (2.033-1.793 cm) under applied highest salt dose. As a result of this, No.20 and No.24 genotypes were determined to be the more tolerant to salt stress than other genotypes used in the study. As a conclusion, it is suggested that No.20 and No.24 genotypes can be used as parental plants in the breeding of new varieties tolerant to salinity in the future.

Keywords: *Vigna radiata* (L.) Wilczek, Abiotic stress, NaCl, Germination rate, Early seedling

Özet

Tuzluluk kuraklıktan sonra tarımsal üretimi en fazla sınırlayan abiyotik stres faktörüdür. Bu çalışmada bazı maş fasulyesi (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotiplerinin çimlenme dönemi ve erken gelişme döneminde tuza karşı olan dayanıklılık performansları incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada 17 maş fasulyesi genotipi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan genotipler, kontrol grubu olarak saf su (0) ve 2 farklı tuz dozu (4 ve 8 mmhos cm⁻¹ NaCl) ile muamele edilmiştir. Petri kaplarının 9 gün boyunca oda sıcaklığında (25 °C) beklemesi sağlanmıştır ve gereken durumlarda tuz çözeltisi ilave edilmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler 9. günde yapılan ölçümlerin ortalaması üzerinden elde edilerek analize tabi tutulmuştur. Çimlenme gücü, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık çalışmada incelenen parametreler olarak belirlenmiştir. NaCl dozunda görülen artış incelenen tüm parametreleri olumsuz bir şekilde etkilenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yapılan varyans

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Berk BENLIOĞLU, Ankara University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Diskapi, ANKARA. E-mail: benliogluberk@hotmail.com  ORCID: 0000-0002-2400-057X.

² Ugur OZKAN, Ankara University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Diskapi. E-mail: ugurozkan@ankara.edu.tr  ORCID: 0000-0002-6869-4526.

Atıf/Citation: Benlioglu, B., Ozkan, U. Germination and Early Growth Performances of Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Genotypes Under Salinity Stress. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 318-328.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020

analizinde genotipik etki tüm çalışmada incelenen parametrelerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Stres dozu kuru ağırlık parametresi dışında kalan tüm parametrelerde istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Buna ek olarak, genotip \times stres dozu interaksiyonunun ise çimlenme gücü, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu parametrelerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. No.20 ve No.24 olarak numaralandırılan genotipler, uygulanan en yüksek tuz dozu altında çimlenme gücü (97.00-94.11%), kök uzunluğu (1.557-1.563 cm) ve sürgün uzunluğu (2.033-1.793 cm) gibi istatistiksel olarak önemli parametrelerde, tüm genotipler içerisinde en yüksek değerleri elde etmişlerdir. Bunun sonucu olarak, No.20 ve No.24 numaralı genotipler, çalışmada kullanılan diğer genotiplerden tuz stresine karşı daha toleranslı oldukları belirlenmiştir. Sonuç olarak, No.20 ve No.24 numaralı genotiplerin gelecekte tuzluluğa dayanıklı yeni çeşitlerin yetiştirilmesinde ebeveyn bitki olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Vigna radiata* (L.) Wilczek, Abiyotik stres, NaCl, Çimlenme oranı, Erken fide

1. Introduction

Mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) is a genus with high nutritional content and high digestibility in the food legumes (Siemonsma and Na Lampang, 1992). However, mung bean, which has a warm climate, has not been sufficiently widespread in the world due to the lack of recognition and the cultivation of approximately 6 million hectare (HanumanthaRao et al., 2016). Mung bean vegetation period is short (65-90 days), has a wide adaptability, relatively less need for water compared to other legume plants (Parida and Das, 2005) and low input costs in production, high protein value (22-28%) and nutritional value (Singh and Singh, 2011). In particular, where monoculture agriculture is widespread and access to protein resources in nutrition is limited, it will benefit both ecologically for producers and consumers.

Agricultural areas in the world have reached their natural limits. There are losses in agricultural areas due to global warming, distorted urbanization and some industrial activities. In addition, these areas become inefficient due to erosion, wasteland and faulty agricultural activities. The only measure that can be taken to meet the nutritional needs of the growing population is to increase the amount of product obtained from the unit area (kg da⁻¹ or ton ha⁻¹). Within this, it is necessary to develop new varieties resistant to biotic and abiotic stress factors and to determine the tolerance levels of plants, species and varieties to these stress factors (Ozgen et al., 2005).

Salinity is the abiotic stress factor that most restricts agricultural production after drought. Today, about 20% of the world's crop production areas and about 50% of irrigated agricultural areas are affected by salinity (Zhu, 2001; Pitman and Läuchli, 2002; Tuteja, 2007). There are about 1.6 million hectares land, which has salinity and alkalinity problem, in Turkey (Demirbas and Alkan, 2018). has been found to have a problem. Salinity stress, which occurs in the form of osmotic stress and ion stress in plants, prevents growth and development; structural, physiological, biochemical and molecular level changes (Culha and Cakirlar, 2011). Salinity stress causes a decrease in yield in mung beans (Abd-Alla et al., 1998; Saha et al., 2010), seed germination, root and shoot lengths, age and dry seedling weights decrease and this varies significantly depending on genotypes (Promila and Kumar, 2000; Misra and Dwivedi, 2004). Mung bean has been reported to tolerate 5-6 mmhos cm⁻¹ salinity during germination period (Singh and Singh, 2011).

In this study, genotypes were selected as high yield property of mung beans, the most abundant form of salt in soil and the levels of tolerance to salt stress in germination and early seedling stage by using the identify have been made.

2. Materials and Methods

17 mung bean genotypes were used in the study. The locations of genotypes are presented in table 1.

Seeds were germinated between filter papers placed in petri dishes in accordance with ISTA rules (ISTA, 2016). Genotypes were treated with pure water (0) as the control group and 2 different doses (4 and 8 mmhos cm⁻¹) of NaCl, the most common salt form in soils. Petri dishes were allowed to stand at room temperature (25 C°) for 9 days and salt solution was added when necessary. Data were obtained by measurements and counts on day 9.

"Germination power", "root length", "shoot length", "fresh weight" and "dry weight" were determined by randomly choosing 15 seeds of each from petri dishes. Also, they were measured, counted and averaged their numbers. In order to calculate the dry weight, fresh shoots were dried for 72 hour at 60 C° (Yıldız and Ozgen, 2004).

The data obtained in the study were subjected to analysis of variance in accordance with the completely randomized design with three replication using JMP-12 statistics package program (SAS, 2015) to compare significant differences among treatments. Duncan's multiple range test was applied to compare the means if there were any significant differences.

Table 1. Locations of genotypes

Genotype Number	Location	Genotype Number	Location
1	Adiyaman-Turkey	27	Gaziantep-Turkey
2	Adiyaman-Turkey	44	Mersin-Turkey
3	Adiyaman-Turkey	79	Karaman-Turkey
5	Adiyaman-Turkey	81	Karaman-Turkey
12	Antalya-Turkey	91	Kilis-Turkey
15	Antalya-Turkey	96	Uzbekistan
20	Antalya-Turkey	98	Uzbekistan
21	Antalya-Turkey	99	Turkmenistan
24	Gaziantep-Turkey		

3. Results and Discussion

The mean values of the parameters examined and Duncan groups are presented in Table 2.

3.1 Germination power

Genotype (dF:16; Ms: 262.589), NaCl (dF:2; Ms: 3,790.625) and Genotype \times NaCl interaction (dF:32; Ms: 82.795) had statistically different ($p < 0.01$). It is seen that the germination power decreases with increasing salinity stress (Table 2, Figure 1). The mean germination power of genotypes ranges from 97.00 to 85.77%. With the onset of salt stress, germination of genotype “No.12” occurred dramatically, and the highest stress dose was the least germinated genotype at 8 mmhos cm^{-1} . Genotypes “No.20” and “No.24” genotype have the highest germination power (91.00%) while maintaining their germination potential at 8 mmhos cm^{-1} salt dose (Table 2).

Salinity stress is particularly effective in germination mung bean (Paliwal and Maliwal, 1980). While genotypes generally maintained germination characteristics of 5 mmhos cm^{-1} , germination decreased after this stress level. These results are in agreement with previous studies on mung beans (Promila and Kumar, 2000; Misra and Dwivedi, 2004; Saha et al., 2010).

Table 2. The mean values of mung bean genotypes of germination parameters under different salt stress level

Genotypes	Germination Power (%)			Mean
	Control (0)	4 mmhos cm^{-1}	8 mmhos cm^{-1}	
1	97.67 a-c	88.67 b-g	77.33 h	87.89 CD
2	95.33 a-d	90.67 a-f	82.00 f-h	89.33 B-D
3	95.33 a-d	93.00 a-e	84.33 e-h	90.89 B-D
5	100.00 a	97.67 a-c	81.67 f-h	93.11 A-C
12	95.20 a-d	66.63 i	55.53 j	72.46 E
15	97.67 a-c	88.67 b-g	78.67 h	88.33 CD
20	100.00 a	100.00 a	91.00 a-f	97.00 A
21	97.67 a-c	93.00 a-e	79.67 g-h	90.11 B-D
24	96.00 a-c ¹	95.33 a-d	91.00 a-f	94.11 AB
27	97.67 a-c	95.33 a-d	88.33 c-g	93.78 AB
44	97.67 a-c	91.00 a-f	86.33 d-h	91.67 A-C
79	100.00 a	95.33 a-d	88.33 c-g	94.56 AB
81	97.67 a-c	100.00 a	77.33 h	91.67 A-C
91	100.00 a	95.33 a-d	84.00 e-h	93.11 A-C
96	97.77 a-b	95.53 a-d	64.43 ij	85.91 D
98	97.67 a-c	97.67 a-c	84.33 e-h	93.22 A-C
99	95.53 a-d	93.20 a-e	79.87 g-h	89.53 B-D
Mean	97.58 A	92.77 B	80.83 C	90.39

Table 2. continued

Genotypes	Root Length (cm)			Mean
	Control (0)	4 mmhos cm ⁻¹	8 mmhos cm ⁻¹	
1	6.287 a-c	3.370 d-k	1.260 i-ö	3.639 AB
2	6.233 a-c	3.113 d-m	0.743 k-m	3.363 BC
3	5.410 a-e	3.700 c-j	1.293 i-m	3.468 A-C
5	6.553 ab	3.770 b-i	0.937 j-m	3.753 AB
12	1.767 h-m	0.873 k-m	0.740 k-m	1.127 G
15	3.767 c-i	2.367 f-m	0.867 k-m	2.333 DE
20	5.783 a-d	2.827 e-m	1.557 h-m	3.389 BC
21	2.090 g-m	0.870 k-m	0.577 m	1.179 G
24	5.660 a-d	2.670 e-m	1.563 h-m	3.298 BC
27	1.593 h-m	1.150 i-m	1.113 i-m	1.286 FG
44	4.933 b-f	2.007 h-m	0.510 m	2.483 D
79	2.727 e-m	1.427 h-m	0.953 j-m	1.702 E-G
81	7.827 a	3.363 d-l	1.300 i-m	4.163 A
91	2.160 f-m	1.330 i-m	0.933 j-m	1.474 FG
96	4.800 b-g	2.570 f-m	1.000 i-m	2.790 CD
98	4.210 b-h	4.913 b-f	1.143 i-m	3.422 A-C
99	3.210 d-m	2.310 f-m	0.583 l-m	2.034 D-F
Mean	4.412 A	2.508 B	1.004 C	2.641
Shoot Length (cm)				
1	4.087 a-e	1.857 f-o	1.643 h-o	2.529 B-D
2	3.177 c-h	1.833 g-o	1.003 m-o	2.004 E
3	4.993 a	2.187 f-n	1.100 k-o	2.760 A-B
5	3.233 c-g	1.853 f-o	0.983 m-o	2.023 E
12	1.157 k-o	0.917 m-o	0.707 no	0.927 G
15	3.400 b-f	1.867 f-o	1.633 h-o	2.300 C-E
20	5.413 a	1.900 f-o	2.033 f-o	3.116 A
21	4.853 ab	2.190 f-n	1.323 j-o	2.789 AB
24	2.350 f-m	2.127 f-o	1.793 g-o	2.090 E
27	4.420 a-c	2.653 e-k	1.783 g-o	2.952 AB
44	2.793 d-j	2.323 f-m	1.457 i-o	2.191 DE
79	4.980 a	2.567 e-l	1.567 i-o	3.038 A
81	1.723 g-o	1.420 i-o	0.760 no	1.301 FG
91	4.287 a-d	2.387 f-m	1.427 i-o	2.700 A-C
96	1.873 f-o	1.187 k-o	1.033 l-o	1.364 F
98	2.930 c-i	2.043 f-o	1.640 h-o	2.204 DE
99	1.210 k-o	1.103 k-o	0.573 o	0.962 FG
Mean	3.346 A	1.907 B	1.321 C	2.191
Fresh Weight (g)				
1	1.837	1.040	0.873	1.250 H-J
2	1.765	1.105	0.768	1.213 IJ
3	1.819	1.358	0.682	1.286 G-I
5	1.411	1.034	0.677	1.041 J
12	2.321	1.866	1.552	1.913 B-D
15	2.375	1.892	1.544	1.937 B-D
20	1.965	2.002	2.008	1.991 BC
21	1.698	1.323	1.164	1.395 F-I
24	1.671	1.325	1.405	1.467 F-H
27	1.731	1.480	1.235	1.482 FG
44	1.866	1.846	1.539	1.750 DE
79	1.544	1.091	1.031	1.222 IJ
81	2.104	1.774	1.892	1.923 B-D
91	2.302	2.142	1.746	2.063 B
96	2.829	2.503	2.201	2.511 A
98	1.978	1.550	1.252	1.593 EF
99	2.141	1.775	1.529	1.815 C-E
Mean	1.962 A	1.594 B	1.359 C	1.638

Table 2. continued

Genotypes	Dry Weight (g)			Mean
	Control (0)	4 mmhos cm ⁻¹	8 mmhos cm ⁻¹	
1	0.215	0.223	0.247	0.228 F
2	0.204	0.233	0.268	0.235 F
3	0.187	0.222	0.235	0.215 F
5	0.191	0.210	0.241	0.214 F
12	0.633	0.643	0.594	0.623 AB
15	0.463	0.532	0.515	0.503 B-E
20	0.344	0.359	0.356	0.353 E-F
21	0.358	0.357	0.357	0.357 E-F
24	0.378	0.415	0.420	0.404 DE
27	0.537	0.435	0.369	0.447 C-E
44	0.471	0.583	0.595	0.550 A-D
79	0.212	0.974	0.374	0.520 B-D
81	0.508	0.353	0.563	0.475 B-E
91	0.742	0.718	0.647	0.703 A
96	0.468	0.532	0.471	0.490 B-E
98	0.553	0.600	0.538	0.564 A-C
99	0.418	0.424	0.429	0.424 C-E
Mean	0.405	0.460	0.425	0.430

¹: Means followed by the different letters are significantly different at the 0.05 probability level.

3.2 Root length (cm)

Genotype (dF:16; Ms:9.212), NaCl (dF:2; Ms:148.773) and genotype \times NaCl (dF:32; Ms:2.948) interaction had statistically different ($p < 0.01$). In three different NaCl doses, maximum root length was reached without any NaCl application (0 mmhos cm⁻¹) (4.412 cm), while minimum root length was obtained in 8 mmhos cm⁻¹ NaCl dose (1.004 cm). According to different NaCl doses, they could be numerically ranked as 0 mmhos cm⁻¹ > 4 mmhos cm⁻¹ > 8 mmhos cm⁻¹ in the same order. “No.81” had the highest root length (4.163 cm) as compared to other genotypes. However, significant reductions in root growth were observed under salt stress. The shortest root length was determined in “No.12” (1.127 cm). As it is mentioned about genotype \times NaCl applications, “No.81” was the superior genotype (7.827 cm) without any NaCl application. While “No.44” and 8 mmhos cm⁻¹ NaCl application was the worst (0.510 cm). “No.20” and “No.24” genotypes made the highest root growth (1.557 cm and 1.563 cm respectively) and in the same Duncan class under the 8 mmhos cm⁻¹ salt stress (Table 2).

In this study, increased NaCl doses led to a decrease in root length (Figure 1). Without any NaCl application to 8 mmhos cm⁻¹ NaCl dose, it was observed approximately 75% loses of root length. NaCl stress caused a drastically effect on the roots as compared to shoots (Saha et al., 2010). Also, the roots absorb water and nutrients from soil. Thus, its length provides very important tip to the response of plants to salinity stress (Kaya and Ozturk, 2003; Moose and Mumm, 2008; Mohammed and Majid, 2013). Therefore, progressive decreases in seed germination, plant height, shoot and root length, dry matter, biomass, root, stem and leaf weights were observed with increased salinity stress of mung bean (Bhattacharjee et al., 2000; Raptan et al., 2001; Misra and Dwivedi, 2004; Rabie, 2005). Similar studies have been reported about the effects of root and shoot length under salinity stress conditions (Misra et al., 1996; Promila and Kumar, 2000; Mohammed, 2007; Cakmakci and Dallar, 2019).

3.3 Shoot length (cm)

According to variance analysis, genotype (dF:16; Ms:4.429), NaCl (dF:2; Ms:55.365) and genotype \times NaCl interaction (dF:32; Ms:1.267) had statistically different for the shoot length ($p < 0.01$). Shoot length values ranged 0.573-5.413 cm. Also, maximum shoot length was observed in “No. 20” (5.413 cm) without any application of NaCl (0 mmhos cm⁻¹). And, minimum shoot length was determined in “No.99” (0.573 cm). Based on application of different NaCl doses, they could be numerically ranked as 0 mmhos cm⁻¹ > 4 mmhos cm⁻¹ > 8 mmhos cm⁻¹ in descending order. Besides, it is ranged among 1.312-3.346 cm. In seventeen genotypes of mung bean, “No.20” had the longest shoot length (3.116 cm), while “No.12” had the smallest (0.927 cm). In addition, genotype “No.20” was the most developed shoots (2.033 cm) under the highest salt stress (Table 2).

In the lights of these results; the shoot length was influenced by different genotypes and NaCl doses in the study (Figure 1). There is adversible effect between NaCl doses to shoot length. Misra et al. (1996) and Promila and Kumar (2000) stated that salt stress is reported to cause decline in shoot lengths, which was parallel to this study. When NaCl doses or salinity stress increased, shoot length decreased (Maliwal and Paliwal, 1982; Hug and Larher, 1983; Misra et al., 1996; Misra and Dwivedi, 2004). Most of mung bean genotypes can tolerate salt to extent to 9-18 m mhos cm^{-1} (7.2-14.4 mmhos cm^{-1}) (Singh and Singh, 2011). Also, Paliwal and Maliwal (1980) reported that mungbean seeds could tolerate 6 mmhos cm^{-1} (4.8 mmhos cm^{-1}) salinity. If the shoot length behaviour of seventeen genotypes and NaCl doses were compared, "No.20" and 0 mmhos cm^{-1} NaCl dose were most favorable genotype and dose in this study.

3.3 Fresh weight (g)

Genotype (dF:16; Ms:1.382) and NaCl doses (dF:2; Ms:4.718) had statistically different ($p<0.01$), while genotype \times NaCl doses interaction had non significant effect. Fresh weight values ranged among 0.677-2.829 g. Maximum fresh weight was determined in without any application of NaCl doses (0 mmhos cm^{-1}) (2.829 g). Minimum fresh weight was noted in 8 mmhos cm^{-1} NaCl dose (0.677 g). They could be numerically ranked as 0 mmhos cm^{-1} > 4 mmhos cm^{-1} > 8 mmhos cm^{-1} in the same order. As we talk about genotypes, "No.96" had the highest fresh weight (2.511 g), while "No.5" was the lowest one (1.041 g) (Table 2).

Fresh weight was effected by genotypes and NaCl doses like shoot length, as we mentioned up there (Figure 1). If NaCl doses increased, it was found that fresh weight was decreased, except "No.20" (Table 2). It is seen that increasing NaCl doses affected on fresh weight negatively like root and shoot length. Ashraf and Rasul (1988), Misra et al. (1996), Misra and Dwivedi (2004) mentioned in their study that fresh weight of root and shoot length decreased with increased salinity, which was supported to this study. In their study, Misra and Dwivedi (2004) lose approximately 80.00% of fresh weight and 72.50% dry weight with increasing NaCl doses as compared to their control values. In this study, this loses reached 30%, as maximum.

3.4 Dry weight (g)

Genotype (dF:16; Ms:0.195) was found significantly different ($p<0.05$). NaCl (dF:2; Ms:0.039) and genotype \times NaCl doses had non significant effect for dry weight. Dry weight values ranged 0.187-0.974 g. Application of 4 mmhos cm^{-1} NaCl dose was the most heaviest application (0.974 g). Without any application of NaCl (0 mmhos cm^{-1}) was the lightest (0.187 g). And, they are numerically sorted by 4 mmhos cm^{-1} > 8 mmhos cm^{-1} > 0 mmhos cm^{-1} , respectively. It is understand that 4 mmhos cm^{-1} NaCl dose was the superior one as compared to other doses. According to the different genotypes, "No.91" was the most heaviest genotype (0.703 g), while "No.5" was the lightest genotype (0.214 g).

On the contrary of the fresh weight, dry weight increased with increased NaCl doses. This might be linked due to decreased mobilization of reserve food materials from cotyledons at higher salinity levels (as shoot contains cotyledons) (Misra and Dwivedi, 2004). There are similar suggestions and studies about this knowledge (Sheroan and Garg, 1978; Dubey, 1985).

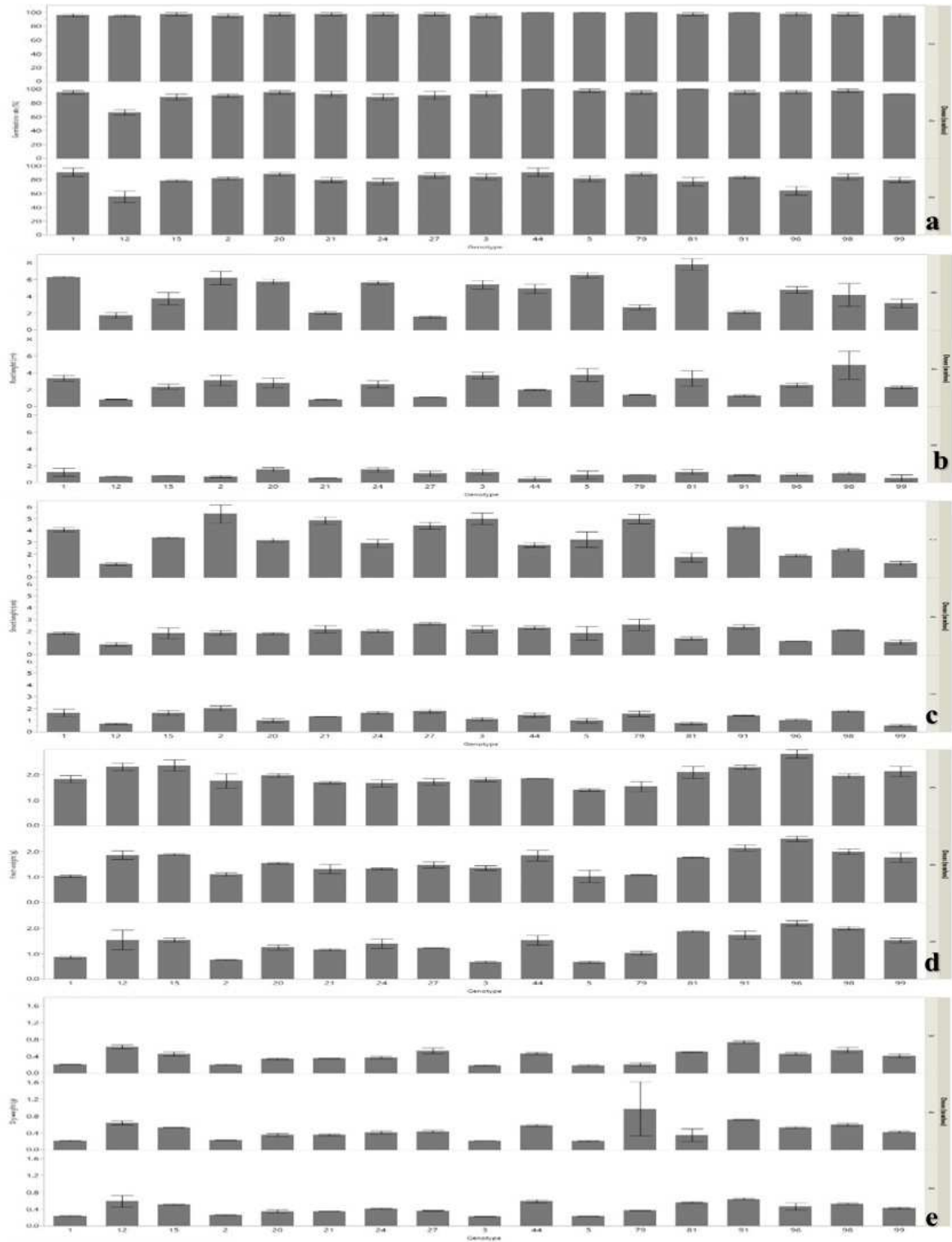


Figure 1. The effects of different salinity levels on mung bean genotypes (a: germination rate, b: root length, c: shoot length, d: fresh weight, e: dry weight)

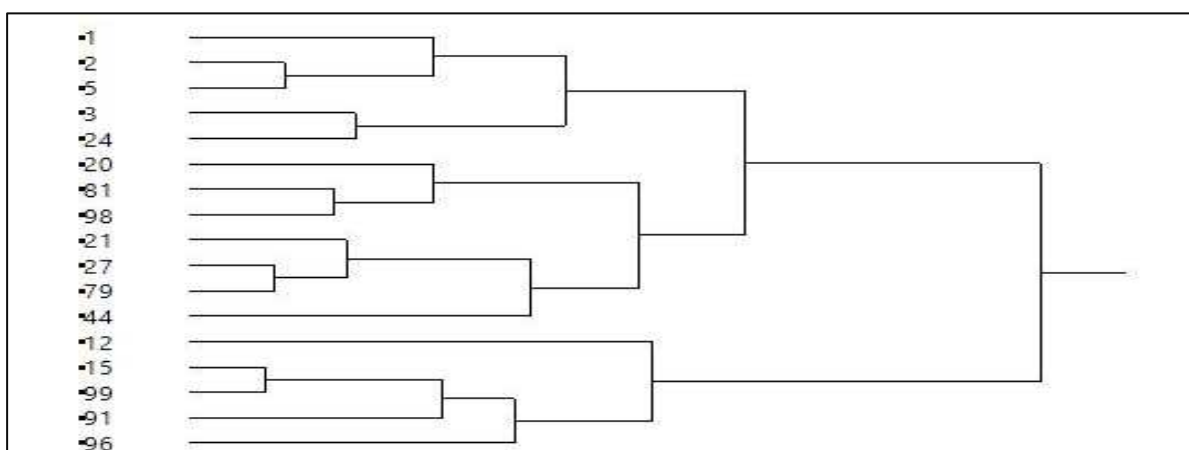


Figure 2. Dendrogram based on salt tolerance parameters of germination period of Mung bean genotypes

The dendrogram showing the proximity-distance degrees of mung bean genotypes in terms of the investigated properties is given in Figure 2. According to the results, genotypes were divided into 4 main clusters. “No 15” and “No 99” genotypes were the closest to each other in terms of the characteristics studied. “No 1” and “No 12” were the most different genotypes in terms of these characteristics.

4. Conclusions

Based on the data obtained from the studies, “No.20” and “No.24” genotypes were found to be more tolerant to salt stress than the other genotypes used in the experiments. Consequently, it is suggested that it can be used as parental plants in the breeding of new varieties tolerant to salinity in the future.

References

- Abd-Alla, M.H., Vuong, T.D. and Harper, J.E. 1998. Genotypic differences in nitrogen fixation response to NaCl stress in intact and grafted soybean. *Crop Science* 38: 72.
- Ashraf, M. and Rasul, E. 1988. Salt tolerance of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) at two growth stages. *Plant and Soil*, 110(1), 63-67.
- Ashraf, Muhammad, and Majid, R. Foolad. 2013. "Crop breeding for salt tolerance in the era of molecular markers and marker-assisted selection." *Plant Breeding* 132.1: 10-20.
- Bhattacharjee, A., Maity, S., Banerjee, G., Roy, M., Pal, C., Pal, B. and Chakrabarti, D. 2000. Chemical induced prolongation of seed viability and stress tolerance capacity of mung bean seedlings. *Seed Science and Technology* (Switzerland), 28(1), 155-162.
- Cakmakci, S. and Dallar, A. 2019. Farklı Sıcaklık ve Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Silajlık Mısır Çeşitlerinin Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 121-132.
- Culha, S. and Cakirlar, H. 2011. The Effect of Salinity on Plants and Salt Tolerance Mechanisms. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, Vol: 11(2):11-34.
- Demirbas, S. and Balkan, A. 2018. Tuz Stresi Koşullarında Bazı Tritikale Çeşitlerinin Hidrojen Peroksit Ön Uygulamasına Tepkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 5-13.
- Dubey, R.S. 1985. Effect of salinity on nucleic acid metabolism of germinating rice seeds differing in salt tolerance, *Plant Physiol. Biochemistry*. Vol:12, p:9-16.
- HanumanthaRao, B., Nair, R. M. and Nayyar, H. 2016. Salinity and high temperature tolerance in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] from a physiological perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 957.
- Hug, S.M.I., Larher, F. 1983. Osmoregulation in higher plants: effects of NaCl salinity on non-nodulated *Phaseolus aureus* L. I. Growth and mineral content. *New phytologist*. 93: 203-208.
- ISTA, 2016. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing.
- Kaya, M. D., Ipek, A. and Ozturk, A. 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(4), 221-227.
- Maliwal, G.L. and Paliwal, K.V. 1982. Salt tolerance of some mungbean (*Vigna radiata*), urdbean (*Vigna mungo*) and gaur (*Cyamopsis tetragonoloba*) varieties at germination and early stages. *Legume Research* 5: 23-30.
- Misra, N., Murmu, B., Singh, P. and Misra, M. 1996. Growth and proline accumulation in mungebean seedlings as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum* 58: 531-536.
- Misra, N. and Dwivedi, U. N. 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Science*, 166(5), 1135-1142.
- Mohammed, A. H. M. A. 2007. Physiological aspects of mungbean plant (*Vigna radiata* L. Wilczek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 200-213.
- Moose, S. P. and Mumm, R. H. 2008. Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. *Plant physiology*, 147(3), 969-977.
- Ozgen, M., Ertunc, F., Kinaci, G., Yildiz, M., Birsin, M., Ulukan, H., Koyuncu, N. and Sancak, C. 2005. New approaches and applications in agricultural Technologies. *Turkey Agricultural Engineering Technical Conference 3-7 January 2005* p.
- Paliwal, K. V. and Maliwal, G. L. 1980. Growth and nutrient uptake relationship of some crops in saline substrate. *Annals of the Arid Zone* 19: 251-253.
- Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60, 324-349.
- Pitman, M.G. and Lauchli, A. 2002. *Global Impact of Salinity and Agricultural Ecosystems. Salinity: Environment-Plants-Molecules* Published by Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherlands. 522 p.
- Promila, K. and Kumar, S. 2000. *Vigna radiata* seed germination under salinity. *Biologia Plantarum* 43: 423-426.
- Rabie, G. H. 2005. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater. *Mycorrhiza*, 15(3), 225-230.
- Raptan, P. K., Hamid, A., Khaliq, Q. A., Solaiman, A. R. M., Ahmed, J. U. and Karim, M. A. 2001. Salinity Tolerance of Blackgram and Mungbean. *한국작물학회지*, 46(5), 380-386.
- Saha, P., Chatterjee, P. and Biswas, A.K. 2010. NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian Journal of Experimental Biology* 48: 593-600.
- SAS, Institute Inc. 2015. JMP® Statistical Discovery Software, version 12.0; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2015.
- Sheoran, I.S. and Garg, O.P. 1978. Effect of salinity on activities of RNase, DNase and protease during germination and early seedling growth of mung bean, *Physiologia Plantarum*, Vol: 44, p:171-174.

- Siemonsma, J.S. and Na Lampang, A. 1992. *Vigna radiata* (L.) Wilczek. In: Plant Resources of South-East Asia 1, Pulses, Editors: van der Maesen L.J.G. and Somaatmadja S., Pudoc, Leiden, Netherlands, pp. 71-74.
- Singh, D. P. and Singh, B. B. 2011. Breeding for tolerance to abiotic stresses in mungbean. *Food Legumes*, 24(2), 83-90.
- Tuteja, N. 2007. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants. *Methods in Enzymology*, 428: 419-438.
- Yıldız, M. and Ozgen, M. 2004. The effect of a submersion pretreatment on in vitro explant growth and shoot regeneration from hypocotyls of flax (*Linum usitatissimum*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 77(1):111-115.
- Zhu J.K. 2002. Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants. *Annual Review of Plant Biology*. 53:247-273.

Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi

The Impact of Agricultural Sector on Environmental Pollution: A Cointegration and Causality Analysis for Turkish Economy

Murat ÇETİN¹, Selin SAYGIN², Harun DEMİR^{3*}


Özet

Son yıllarda çevre kirliliği ve onu etkileyen temel faktörlerin doğru tespit edilebilmesi, önemli bir inceleme konusudur. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de tarım sektörü ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi 1968-2016 dönemi için araştırmaktır. Literatürde tarım sektörü ve çevre kirliliği arasındaki ampirik ilişki hakkında bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma hem literatüre katkı sağlamakta hem de gelecekteki çalışmalar için önemli bir kanıt sunmaktadır. Çalışmada tarımın belirleyicileri olarak tarımsal katma değer ve tarımsal arazi serileri tercih edilirken çevre kirliliğinin ölçütü olarak karbondioksit emisyonu kullanılmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi diğer bağımsız değişkenler olarak modellere dahil edilmektedir. Ampirik analizde tarım ve çevre kirliliği ilişkisi iki model kurularak tahmin edilmektedir. Yöntem, üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, serilerin durağanlık özellikleri DF-GLS ve Ng-Perron gibi geleneksel birim kök testleri ile test edilmektedir. Ek olarak, serilerin durağanlık seviyeleri Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich yapısal kırılmalı birim kök testleri ile araştırılmaktadır. İkinci olarak, ARDL modeli ile seriler arasındaki eşbütünleşme ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Son olarak, seriler arasındaki nedenselliğin varlığı Toda-Yamamoto testi ile belirlenmektedir. Bulgular, çalışmada ele alınan seriler arasında bir eşbütünleşmeyi işaret etmektedir. Bulgular aynı zamanda uzun dönemde tarımsal katma değer ve tarımsal arazinin karbondioksit emisyonunu azalttığını ortaya koymaktadır. Çalışma, çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezinin Türkiye ekonomisi için geçerli olduğunu ispatlamaktadır. Tarımın karbondioksit emisyonuna neden olduğu tespit edilmektedir. Dahası tarımsal katma değer ve tarımsal arazinin yenilenebilir enerji tüketiminin nedeni olduğu saptanmaktadır. Sonuç olarak, politika yapıcıları Türkiye’de sürdürülebilir bir ekonomik gelişme için tarım sektörüne daha fazla önem vermelidir. Ayrıca tarım arazileri korunmalı ve katma değerli üretim için teşvik edilmelidir. Böylece çevre kirliliği azalış eğiliminde olacaktır.


Anahtar Kelimeler: Tarım, Karbondioksit emisyonu, Yapısal kırılma, ARDL, Türkiye.

Abstract

In recent years, environmental pollution and the accurate determination of the main factors affecting it are an important subject of investigation. The aim of this study is to explore the relationship between agricultural sector and environmental pollution in Turkey for the period of 1968-2016. There is no consensus on the empirical relationship between agricultural sector and environmental pollution in the literature. For this reason, the study both contributes to the literature and provides an important evidence for future studies. Agricultural value added

^{3*} Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Harun Demir, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, S.B.E., İktisat A.B.D., Tekirdağ, Türkiye. E-mail: harun.demir@hotmail.com  ORCID: 0000-0001-7778-2897.

¹ Murat Çetin, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: mcetin@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-7886-4162.

² Selin Saygın, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, S.B.E., İktisat A.B.D., Tekirdağ, Türkiye. E-mail: selinsaygin@hotmail.com  ORCID: 0000-0003-4617-3882.

Atıf/Citation: Çetin, M., Saygın, S., Demir, H. Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 329-345.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

and agricultural land are preferred as determinants of agriculture while carbon dioxide emission is used as a measure of environmental degradation. In addition, economic growth and renewable energy consumption are added to the models as other independent variables. In empirical analysis, the relationship between agriculture and environmental pollution is estimated by establishing two models. The methodology comprises of three stages. Firstly, the stationarity properties of the series are tested with conventional unit root tests such as DF-GLS and Ng-Perron. In addition, the stationarity levels of the series are investigated by Zivot-Andrews and Lee-Strazicich structural break unit root tests. Secondly, the cointegration between the series and long-run coefficients are estimated by the ARDL model. Lastly, the existence of causality between the series is determined by the Toda-Yamamoto test. The findings points out a cointegration between the underlying series. The findings also reveal that agricultural value added and agricultural land decrease carbon dioxide emission in the long run. The study supports that the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis is valid for the Turkish economy. It is found that agriculture causes carbon dioxide emission. Moreover, it is detected that agricultural value added and agricultural land are the causation of renewable energy consumption. Consequently, policy makers should attach more importance to the agricultural sector for sustainable economic development in Turkey. Additionally, the agricultural lands should be protected and encouraged for value added manufacturing. Thus, environmental pollution will tend to decrease.

Keywords: Agriculture, Carbon Dioxide emission, Structural break, ARDL, Turkey.

1. Giriş

İklim değişikliği bilim adamları, akademisyenler ve politika yapıcılarının en fazla ilgisini çeken konular arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin küresel ısınma, ekolojik dengesizlik, teknolojik, ekonomik ve sosyal konular başta olmak üzere pek çok parametreye etkisi söz konusudur. Sera gazı salınımlarına olan yoğun ilgi bu gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda; Kyoto Protokolü'nde çevre kirliliğinin en önemli sebebinin seragazı salınımları olduğu, bu gazlar içerisinde etki derecesine göre karbondioksit, metan, nitrik asit, hidroflorür karbon, perflorür karbon ve sülfür hekzaflorürün yer aldığı ifade edilmektedir (Abeydeera ve ark., 2019).

Dünya genelinde iklim değişmelerinin azaltılmasına yönelik ilginin artması, ülkeler açısından çevre performansının belirlenmesine yönelik derin araştırmalara ve analizlere odaklanılmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, en önemli sorulardan birisi de karbondioksit salınımdır. Gerçekten de karbondioksit salınımı sera gazı salınımlarının en temel destekleyicisi olup bu salınımların %80'inden sorumludur (Li ve ark., 2016).

Sektörel bazda bakıldığında; her ne kadar endüstriyel sektör global karbondioksit salınımlarının temel kaynağı olarak gösterilse de tarım sektörünün de karbondioksit salınımlarını artıran önemli bir sektör olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve Lin, 2017). Nitekim 2016 yılı verilerine göre; global karbondioksit salınımlarının sırasıyla endüstri, ulaştırma ve tarım sektörü kaynaklı olduğu ifade edilmektedir (United Nations, 2019). Tarım sektörü global ölçekte nitrojen asit salınımlarının %90'ı, metan salınımlarının %70'i ve karbondioksit salınımlarının ise %20'sini üretmektedir. Metan ve nitrojen asit miktarının ise karbondioksitten daha düşük seviyede kaldığı belirtilmektedir (Luo ve ark., 2017). Bir araştırmaya göre; global sera gazı salınımlarının %29'unun, karbondioksit salınımlarından dışındaki gaz salınımlarının ise %50'sinin gıda sektöründen kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Vermeulen ve ark., 2012). Bu gelişmeler tarım sektörü ile karbondioksit salınımlarının arasında önemli bir ilişkinin olabileceği sorusunu gündeme getirmektedir.

Türkiye ekonomisi bağlamında çevre kirliliği ve bunun altında yatan faktörlerin araştırılması, önemli bir inceleme konusudur. Çünkü Türkiye iklim değişikliği performans indeksi sıralamasında 60 ülke içerisinde 50. sırada yer almaktadır. Bu indeksin önemli belirleyicilerinden biri de kişi başına karbondioksit salınımları değerleridir (Burck ve ark., 2019). Karbondioksit salınımları değeri 1990 yılında 128.77 milyon ton iken 2016 yılında 338.76 milyon tona yükselmiştir. Türkiye ekonomisi iklim değişikliği performansında olduğu gibi karbondioksit salınımlarının performansında da giderek ciddi bir kötüleşme göstermektedir. Türkiye ekonomisi bağlamında karbondioksit salınımlarını azaltacak strateji ve politikalara önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle karbondioksit salınımlarının temel belirleyicilerinin ampirik açıdan araştırılması, mevcut strateji ve politikaların yeniden ele alınmasına hizmet edebilecektir.

Türkiye'nin 2016 yılındaki sera gazı salınımları miktarı 1990 yılına göre %135.4'lük bir artış göstererek toplamda 496.1 milyon tona ulaşmıştır. Kişi başına düşen sera gazı salınımları ise 1990 yılında 3.8 ton iken 2016 yılında 6.3 tona yükselerek yaklaşık olarak %65'lik bir artış sergilemiştir. Sera gazı salınımlarının yaklaşık %75-80'inin karbondioksit salınımlarından oluştuğu düşünüldüğünde, Türkiye ekonomisinde karbondioksit salınımlarındaki ciddi artış kendisini hissettirmektedir. Nitekim, 1990 yılına göre karbondioksit salınımlarının %174.5 oranında arttığı belirtilmektedir. Bu durum Türkiye'de çevre kirliliğinin temel nedenleri arasında gösterilmektedir. 2016 yılı sektörel sera gazı salınımlarına göre %72'lik pay ile enerji sektörü ilk sırada yer alırken bunu endüstri (%12.6) ve tarım sektörü (%11.4) takip etmektedir (TÜİK, 2019).

Diğer taraftan tarım sektörünün büyüme ve kalkınma sürecindeki rolü uzun zamandır teorik olarak tartışılmaktadır (Johnston ve Mellor, 1961; Thirlwall, 1986; Matsuyama, 1992; Vogel, 1994). Tarım sektörü insanların temel gereksinimleri olan gıda, beslenme, kumaş ve biyoyakıt temininde önemli rol oynayarak ülkelerin ekonomik kalkınma sürecine katkı sunmaktadır. Tüketilebilir ürünlerin yanı sıra tarım sektörü pazarlanamayan ürünlerin de üretilmesi sürecine destek olmaktadır. Bunlar; gıda güvenliği, ekilebilir arazi çeşitliliği ve çevre kalitesinin iyileştirilmesini kapsamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma pek çok disiplinden araştırmacının ilgi alanı olmuştur (Grzelak ve ark., 2019).

Çiftçilik yaklaşımları modern ve geleneksel yöntemler olarak iki kısımda ele alınabilmektedir. Tünel çiftçiliği, organik tarım, sulama için güneş tüplerinin kullanılması bitki ve meyvecilik sektöründe uygulanan modern tarım metotlarından bazılarıdır. Büyük çiftlikler bu metotları uygulayarak hem işgücünü azaltmakta, hem üretimi

artırmakta hem de çevreyi kirletecek gaz salınımlarının azalmasına yardımcı olabilmektedir. Bununla birlikte tarımsal alanların ekseriyeti yani küçük çiftlikler ise geleneksel tarım metotlarını kullanmakta ve bu durum da sera gazı salınımlarının artmasına hizmet edebilmektedir (Waheed ve ark., 2018).

Tarım sektörü pek çok açıdan doğal çevre üzerinde etkili olabilmektedir. Bununla birlikte bu etki doğal koşullara bağlı olduğu gibi yoğunluğu da değişebilmektedir. Böylece topoğrafya, toprak, iklim ve jeoloji gibi doğal koşullar tarımsal alanların toprak erozyonu, hava ve su kirliliği gibi farklı çevre kirliliği türlerine olan duyarlılığını önemli ölçüde belirleyebilmektedir. Modern tarım gübre, tarım ilacı kullanımı, maksimum verim alacak şekilde sulama yöntemlerini kullanarak çevreyi ciddi ölçüde etkileyebilmektedir. Bu aktivitelerin temel sonuçları toprak erozyonu, besin kaybı, su ve hava kirliliği ile biyolojik çeşitlilik kaybı olarak ortaya çıkmaktadır. Sudaki azot miktarının artması, doğal yaşam alanlarının parçalanması, bitki ve hayvan neslinin tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalması da önemli sonuçlar arasında ifade edilmektedir (Nowak ve Schneider, 2017).

Endüstriyel devrimden itibaren çok çeşitli enerji kaynakları geliştirilmiş ve büyük ölçekte kullanıma dahil edilmiştir. Global ekonominin büyüme gösterdiği dönemlerde enerji tüketimindeki artışlar ciddi çevresel problemlere ve özellikle de karbondioksit salınımının hızlanmasına neden olmuştur. Global ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi, ekstrem hava olaylarındaki artışlar bu çevresel dengesizliklere örnek olarak gösterilebilir (Xu ve Lin, 2017). Her ne kadar endüstriyel sektör global karbondioksit salınımının temel kaynağı olarak gösterilse de belirli zamanlarda tarım sektörünün de karbondioksit salınımını artıran temel bir sektör olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve Lin, 2017). Nitekim 2016 yılı verilerine göre; global karbondioksit salınımının %22'si endüstri, %14'ü ulaştırma, %13'ü tarım sektörü kaynaklıdır (United Nations, 2019).

Bu çalışmanın odak noktasını oluşturan tarım ve çevre kirliliği arasındaki ilişki, genel literatürde ulaşılan sonuçlar açısından farklılaşmaktadır (bkz. Tablo 1). Bu araştırmalardan Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a), Waheed ve ark. (2018), Appiah ve ark. (2018), Rehman ve ark. (2019), Parajuli ve ark. (2019), Ngarava ve ark. (2019), Qiao ve ark. (2019) ve Olanipekun ve ark. (2019) uzun dönemde tarımın karbon salınımını arttırdığını tespit ederken, Rafiq ve ark. (2015), Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b), Liu ve ark. (2017), Khan ve ark. (2018) ve Ben Jebli ve Ben Youssef (2019) araştırmalarında karbon salınımının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Literatürde tam bir fikir birliğinin olmaması baz alınan ülkelerin ekonomik ve teknolojik gelişmişlik düzeylerinin aynı olmaması ile ilişkilendirilebilmektedir.

Tablo 1. Tarım ve çevre kirliliği arasındaki ilişki üzerine seçilmiş bazı çalışmalar

Table 1. Some selected studies on the relationship between agriculture and environmental pollution

Yazar	Periyod/Ülke	Metodoloji	Eşbütünlük	Uzun dönem etkisi	Nedensellik
Panel A: Zaman Serisi Analizi					
Ngarava ve ark. (2019)	1990-2013 Güney Afrika	ARDL, Granger nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO ₂
Ben Jebli ve Ben Youssef (2019)	1980-2013 Brezilya	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Negatif	AGR ↔ CO ₂
Rehman ve ark. (2019)	1987-2017 Pakistan	ARDL	Evet	Pozitif	Araştırılmadı
Waheed ve ark. (2018)	1990-2014 Pakistan	ARDL, FMOLS, DOLS, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO ₂
Khan ve ark. (2018)	1981-2015 Pakistan	Johansen, Toda-Yamamoto nedensellik, FMOLS, CCR	Evet	Negatif	Yok
Zafeiriou ve Azam (2017)	1992-2014 Portreki, İspanya ve Fransa	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Araştırılmadı	Araştırılmadı
Asumadu-Sarkodie ve Owusu (2017)	Gana 1961-2012	Johansen, Granger nedensellik	Evet	Araştırılmadı	CO ₂ → AGR
Ben Jebli ve Ben Youssef (2017c)	1980-2013 Morokko	ARDL, VECM nedensellik	Evet	Araştırılmadı	CO ₂ → AGR

Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a)	1980-2011 Tunus	Johansen, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR ↔ CO ₂
Panel B: Panel Veri Analizi					
Olanipekun ve ark. (2019)	1996-2015 Merkezi ve Batı Afrika Ülkeleri	Panel PMG, MG, AMG	Araştırılmadı	Pozitif	AGR ↔ CO ₂
Qiao ve ark. (2019)	1990-2014 G-20 Ülkeleri	Panel FMOLS, VECM nedensellik	Evet	Pozitif	AGR → CO ₂
Parajuli ve ark. (2019)	1990-2014 86 ülke	Panel GMM	Araştırılmadı	Pozitif	Araştırılmadı
Appiah ve ark. (2018)	1971-2013 Yükselen Ekonomiler	Pedroni eşbütünleşme, DOLS, FMOLS, PMG	Evet	Pozitif	AGR ↔ CO ₂
Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b)	1980-2011 Kuzey Afrika Ülkeleri	Pedroni eşbütünleşme, Panel DOLS, FMOLS	Evet	Negatif	AGR ↔ CO ₂
Liu ve ark. (2017)	1970-2013 ASEAN ülkeleri	Pedroni eşbütünleşme, FMOLS, DOLS, VECM nedensellik	Evet	Negatif	AGR → CO ₂
Rafiq ve ark. (2015)	1980-2010 53 ülke	Panel MG, CCEMG, AMG, VECM nedensellik	Araştırılmadı	Negatif	AGR → CO ₂

Yazarlar tarafından oluşturulmuştur. AGR, CO₂, → ve ↔ sırasıyla tarım sektörünü, karbondioksit salınımını, tek yönlü ve çift yönlü nedenselliği ifade eder.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Bu çalışma pek çok açıdan literatüre katkı sunabilecek niteliktedir. İlk olarak; Türkiye ekonomisi için tarım sektörünün karbondioksit salınımı üzerindeki etkisini araştırarak diğer ampirik çalışmalara öncülük edebilecektir. İkinci olarak; tarım sektörü ile yenilenebilir enerji sektörü arasındaki nedensellik ilişkilerini araştırarak dolaylı açıdan karbondioksit salınımına olan etki de incelenmektedir. Üçüncü olarak; ekonomik büyüme, tarım sektörü, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı gibi araştırmada kullanılan tüm değişkenlerin durağanlık analizi Ziwt-Andrews (1992) ve Lee-Strazicich (2004, 2013) tek yapısal kırılmalı birim kök testleri ile araştırılmaktadır. Değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olup olmadığı, Pesaran ve ark. (2001) ARDL sınır testi yaklaşımı ile test edilmektedir. Metodolojik açıdan son olarak; değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi ile tespit edilmektedir. Çalışmada ulaşılan ampirik bulgular, Türkiye ekonomisi için tarım sektörü ile ilintili önemli politika önerilerinin geliştirilmesine imkan sağlayacaktır. Nitekim 2009 yılında Kyoto Protokolüne taraf olan Türkiye’nin diğer gelişmekte olan ülkeler gibi sera gazı salınımını özellikle de karbondioksit salınımını düşüreceği taahhüdünde bulunmuş olması, bu tür politikaların ne derece önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımları şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci kısım materyal ve metot hakkında bilgi vermektedir. Üçüncü kısımda elde edilen araştırma sonuçları sunulmakta ve tartışılmaktadır. Ayrıca araştırma bir sonuç ve politika önerileri kısmı ile son bulmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişki 1968-2016 dönemi itibariyle araştırılmaktadır. Çalışmada çevre kirliliğinin temel belirleyicilerine, literatüre uygun olacak şekilde, tarım sektörü katma değerinin yanısıra tarımsal arazi, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri de ilave edilmiştir. Bu doğrultuda ele alınan değişkenler ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi test edebilmek için logaritmik-doğrusal regresyon modelleri Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b; 2019), Qiao ve ark. (2019), Waheed ve ark. (2018) gibi çalışmalardan da esinlenerek aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$\ln CO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDP_t + \alpha_2 \ln GDP_t^2 + \alpha_3 \ln AGR_t + \alpha_4 \ln REN_t + u_t \quad (\text{Eş. 1})$$

$$\ln CO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDP_t + \alpha_2 \ln GDP_t^2 + \alpha_3 \ln AGR_t + \alpha_4 \ln REN_t + \alpha_5 \ln LAND_t + u_t \quad (\text{Eş. 2})$$

Yukarıdaki regresyon denklemlerinden anlaşılacağı üzere ampirik analizde çoklu regresyon modelleri tercih edilmiştir. Yani çevre kirliliği üzerinde etkili olabilecek pek çok değişken modellerde kullanılmıştır. Bunun en önemli nedeni tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki ampirik etkisini daha sağlıklı tespit edebilmek, tanısal testleri güçlü ve uygun modeller kurabilmektir. Modellerde tarım sektörünü temsilen tarımsal katma değer ve tarımsal arazi değişkenlerinin tercih edilmesinin temel nedeni literatüre uygunluğun tesis edilmesidir. Ayrıca ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji değişkenleri de çevre kirliliğini belirleyen temel değişkenler olarak literatürde yerini almıştır.

Yapılan araştırma neticesinde literatürde tarımsal katma değer ve tarımsal arazi değişkenleri sık kullanıldığı ve tarım sektörünü açıklayan iki temel ölçüt olduğu gibi, iki regresyon denklemi şeklinde kurgulayarak tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisini analiz eden bir çalışmaya neredeyse rastlanmamaktadır. Diğer pek çok araştırma konusunda ve zaman serisi çalışmalarında daha güçlü ve birbirini destekleyici ampirik bulgular elde etmek amacıyla bu tür bir kurguya başvurulduğu görülmektedir. Buradan bu çalışmanın ampirik kurgusunun tarım-çevre ilişkisini analiz eden diğer çalışmalardan farklı olduğu sonucuna varılabilir. Bu kurgunun temel nedeni; birinci regresyon denkleminde tek tarım değişkeni olan tarımsal katma değer (yani tarım sektörünün) çevre kirliliği üzerindeki etkisinin, ikinci regresyon denkleminde ele alınan tarımsal katma değer ve tarım arazisi değişkenlerinin (yani tarım sektörünün) etkisi ile uyuşup uyuşmadığını test etmektir. Ayrıca ampirik olarak tarım sektörü-çevre kirliliği ilişkisini daha güçlü kanıtlar ile ispatlayabilmektir. Çalışma bu nedenle literatüre önemli bir katkı sunabilmektedir. Diğer taraftan tarımsal katma değer tarım sektörü üretim ve verimliliği hakkında bir bilgi sunar iken, tarımsal arazi ölçütü de tarım sektörü üzerindeki ya da tarımın diğer değişkenler üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin açıklanmasında yardımcı olabilmektedir.

Eşitlik (1) ve (2)'de yer alan α_0 , t ve u_t sırasıyla sabit terimi, zamanı ve hata terimini ifade etmektedir. Çevre kirliliğinin ölçütü olarak CO_{2t} kişi başına karbondioksit salınımını (ton) (Dong ve ark., 2018), ekonomik büyümenin ölçütü olarak GDP_t kişi başına reel geliri (2010 sabit \$ fiyatlarıyla) (Pata, 2018), GDP^2_t kişi başına reel gelirin karesini (Qiao ve ark., 2019) ifade etmektedir. REN_t yenilenebilir enerji tüketimini (petrol eşdeğeri metrik ton) (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2019) ve tarım sektörünün ölçütü olarak AGR_t ise kişi başına tarımsal katma değeri (2010 sabit \$ fiyatlarıyla) (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2017c) temsil etmektedir. Tarımın diğer bir göstergesi olarak $LAND_t$ tarım arazisini (arazi alanının yüzdesi olarak) işaret etmektedir. Kişi başına reel gelir, tarım arazisi ve kişi başına tarımsal katma değer verileri World Bank (2019) Dünya Kalkınma Göstergeleri veri tabanından, kişi başına karbondioksit salınımı ve yenilenebilir enerji tüketimi verileri ise OECD (2019) veri tabanından temin edilmiştir.

α_1 , α_2 , α_3 , α_4 ve α_5 parametreleri sırasıyla kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi, kişi başına tarımsal katma değer, yenilenebilir enerji tüketimi ve tarım arazisi uzun dönem elastikiyet tahminlerini göstermektedir. Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi literatürü çerçevesinde tartışılan ölçek, kompozisyon ve yapısalci etkilere bağlı olarak kişi başına reel gelir ve kişi başına reel gelirin karesi ile kişi başına karbondioksit salınımı arasında ters-U şeklinde teorik bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle α_1 ve α_2 parametrelerinin beklenen değeri sırasıyla pozitif ve negatiftir (Grossman ve Krueger, 1995; Islam ve ark., 1999). Bir görüşe göre tarım sektörü ile karbondioksit salınımı arasında pozitif bir ilişki ifade edilirken, diğer görüş ise negatif bir ilişkinin varlığını savunmaktadır. Bu nedenle α_3 ve α_5 parametreleri pozitif ya da negatif bir değer alabilir (Qiao ve ark., 2019). Yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit salınımı arasında negatif bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle α_4 parametresinin negatif bir değer alması beklenmektedir (Dong ve ark., 2018). Ayrıca değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de sunulmakta ve değişkenlerin 1968-2016 zaman dilimindeki genel eğilimleri ise Şekil 1'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler (1968-2016)

Table 2. Descriptive statistics (1968-2016)

İstatistikler	Değişkenler					
	$\ln CO_2$	$\ln GDP$	$\ln GDP^2$	$\ln AGR$	$\ln REN$	$\ln LAND$
Ortalama	0.831	8.864	78.696	6.852	9.160	3.926
Medyan	0.875	8.837	78.106	6.826	9.198	3.922
Maksimum	1.458	9.551	91.227	7.009	9.748	3.980
Minimum	0.000	8.323	69.282	6.696	8.709	3.865

Std. sapma	0.407	0.350	6.251	0.080	0.221	0.027
Çarpıklık	-0.289	0.314	0.370	0.272	-0.093	0.208
Basıklık	2.054	2.060	2.104	2.071	3.457	2.472
Jarque-Bera	2.507	2.610	2.757	2.364	0.499	0.921
Olasılık	0.285	0.271	0.251	0.306	0.778	0.630
Gözlem sayısı	49	49	49	49	49	49

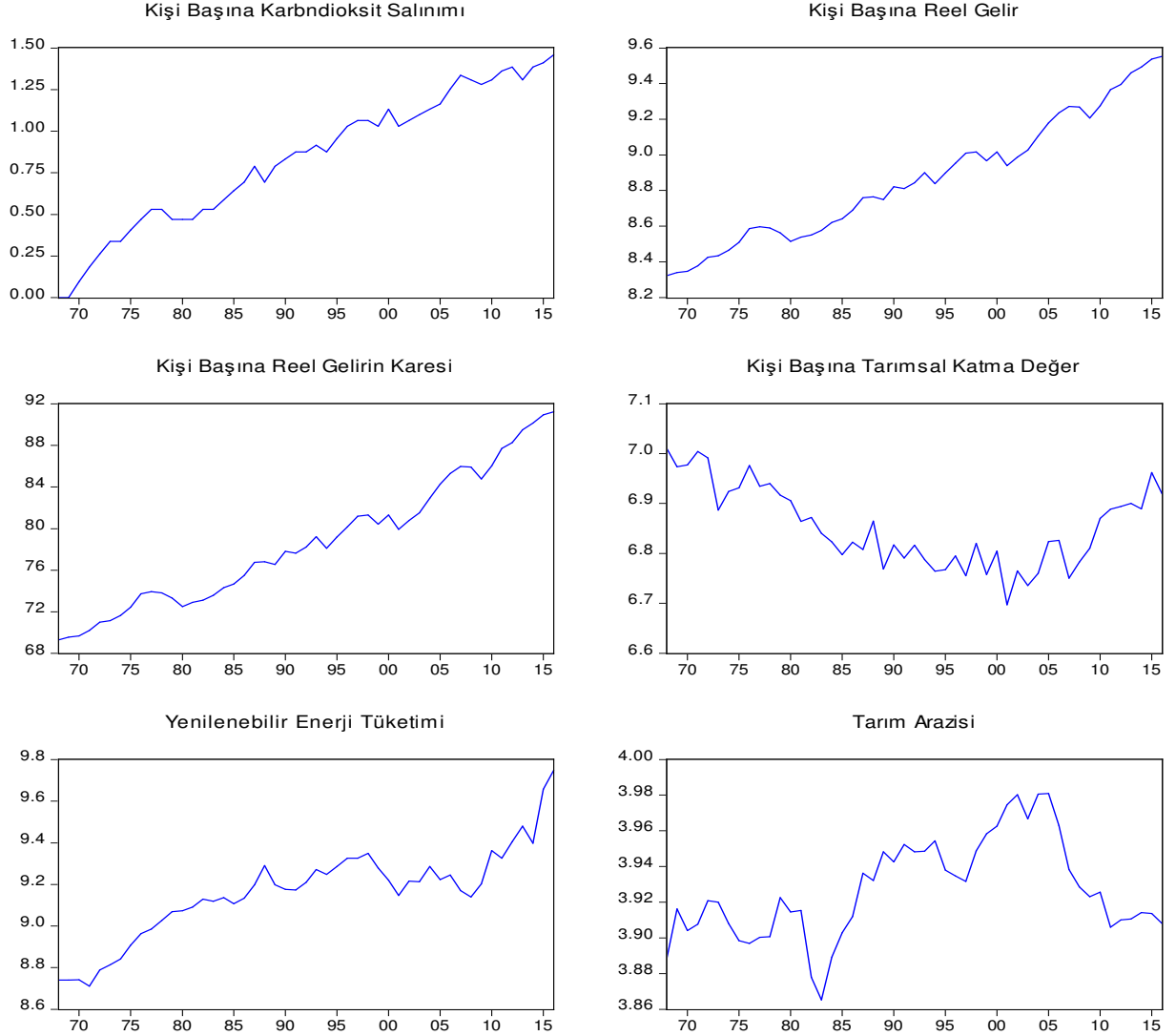


Figure 1. Trends of series over time (logarithmic) (1968-2016)

Şekil 1. Serilerin zaman içindeki seyri (logaritmik) (1968-2016)

Çalışmada kullanılan yöntemin ilk adımını her bir değişkenin birim kök özelliklerinin analizi oluşturur. Bu bağlamda, DF-GLS ve Ng-Perron geleneksel birim kök testleri ile Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich tek yapısal kırılmalı birim kök testlerinden istifade edilmiştir. Yöntemin ikinci adımında değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olup olmadığı ARDL sınır testi ile araştırılmaktadır. ARDL modeli çerçevesinde uzun dönem parametreleri tahmin edilmektedir. Yöntemin son aşamasında değişkenler arasında nedenselliğin varlığı Toda-Yamamoto nedensellik metodu ile ele alınmaktadır.

2.1. Birim kök testleri

Çalışmada DF-GLS ve Ng-Perron birim kök testleri öncelikle kullanılmaktadır. Elliott ve ark. (1996) tarafından ortaya atılan DF-GLS testinde, genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) regresyonu yöntemiyle veriler tahmin

edilmektedir. Sonraki aşamada tahmin edilen veriler Dickey-Fuller tipi testler aracılığıyla değerlendirilmektedir. Kullanılan diğer geleneksel birim kök testi ise Ng ve Perron (2001) tarafından önerilen Ng-Perron birim kök testidir. Ng-Perron (2001) ADF ve PP testlerinin hata terimlerinin negatif hareketli ortalamaya sahip olduğunda ağır ölççek bozulmaları sergilediğini ortaya koymuştur. Ng-Perron testinin diğer geleneksel birim kök testlerinden en üstün yönleri daha uyumlu ve güvenilir ampirik sonuçlar vermesidir. Ng ve Perron (2001) aslında Phillips ve Perron (1988), Bhargava (1986) ve Elliott ve ark. (1996) tarafından literatüre kazandırılan testleri geliştirerek MZa, MZt, MSB ve MPT test istatistikleri olarak bilinen dört test istatistiğini sunmuştur.

MZa ve MZt testlerinde sıfır hipotezi durağan değildir şeklinde iken MSB ve MPT testlerinde seri durağandır şeklinde kurulmaktadır. MZa ve MZt testleri için hesaplanan t istatistiği kritik değerlerden küçük, MSB ve MPT testleri için büyük olduğunda serinin düzeyde durağan olmadığına tersi durumda ise durağan olduğuna hükmedilir (Seker ve ark., 2015). ADF, PP, DF-GLS ve Ng-Perron gibi klasik birim testlerinin en önemli dezantajı, serilerdeki yapısal kırılmayı dikkate almadıkları için sapmalı ve sahte regresyon sonuçlarına neden olabilmeleridir (Ertugrul ve ark., 2016). Bu nedenle çalışmada, içsel olarak belirlenmiş yapısal kırılmalı birim kök testi olan Zivot-Andrews birim kök testine de yer verilmektedir. Bu test seriler bir potansiyel yapısal kırılmaya sahip olduğunda uygun bir metot olarak kabul edilmektedir (Shahbaz ve ark., 2013). Çalışmada, hem düzey hem de eğimde yapısal değişmeyi içeren Zivot ve Andrews (1992)'in en gelişmiş regresyon modeli dikkate alınmaktadır:

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta t + dDU_t + dDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (\text{Eş. 3})$$

Eşitlik (3)'teki $t = 1, 2, 3, \dots, T$ zamanı, TB kırılma tarihini, $\lambda = TB/T$ ise kırılma noktasını vermektedir. Burada DU_t sabit terimdeki yapısal değişimi ifade eden kukla değişkeni gösterir ve $t > TB$ olduğunda 1 değerini, diğer durumlarda ise 0 değerini almaktadır. Diğer taraftan, DT_t trenddeki yapısal değişimi gösteren kukla değişken olup $t > TB$ durumunda $t - TB$ değerini, diğer durumlarda ise sıfır değerini almaktadır. Bu testte hesaplanan t -istatistiğinin Zivot ve Andrews (1992)'in belirlediği kritik değerden küçük olması durumunda birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotez kabul edilmekte, aksi durumda reddedilmektedir.

Çalışmada yapısal kırılmanın varlığını tespit etmek için kullanılan bir diğer test ise Lee-Strazicich (2004, 2013) birim kök testidir. Yapısal kırılmalı modelin oluşturulmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$y_t = \delta Z_t + X_t, \quad X_t = \beta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitlik (4)'te Z_t dışsal değişkenleri ifade etmektedir. Testin boş hipotezi, $\beta = 1$ olarak tanımlanmaktadır. Yapısal kırılmanın tespiti için iki model geliştirilmiştir. Sabitte kırılmanın test edilmesi için kullanılan Model A, $Z_t = [1, t, D_t]'$ olarak tanımlanmakta ve $t \geq T_B + 1$ ve diğer durumlarda sıfır olması halinde $D_t = 1$ değerini almaktadır. T_B kırılma zamanını göstermektedir ve $\delta' = (\delta_1, \delta_2, \delta_3)$. Sabitte ve trendde kırılmanın test edilmesinde kullanılan Model C ise, $Z_t = [1, t, D_t, DT_t]'$ olarak tanımlanmakta ve $t \geq T_B + 1$ ve diğer durumlarda sıfır olması halinde $DT_t = t - T_B$ değerini almaktadır.

LM prensibine göre, birim kök test istatistikleri Eşitlik (5)'teki regresyondan elde edilmektedir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + \mu_t \quad (\text{Eş. 5})$$

Burada $\tilde{S}_t = y_t - \tilde{\psi}_x - Z_t \tilde{\delta}$, $t = 2, \dots, T$; $\tilde{\delta}$ olmak üzere ΔZ_t 'de Δy_t 'nin katsayılarıdır ve $\tilde{\psi}_x$, $y_1 - Z_1 \tilde{\delta}$ şeklinde elde edilmektedir. LM birim kök testinin yokluk hipotezi, $\phi = 0$ ile ifade edilmektedir. LM test istatistiği, $\tilde{\tau}$: $\phi = 0$ temel hipotezini test eden t -istatistiği şeklinde tanımlanmaktadır. Birim kök testinde T_B kırılma zamanını göstermek üzere, kırılma zamanı minimum birim kök test istatistiğini bulmak için tüm olası kırılma noktaları araştırılarak aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$\text{Inf} \tilde{\tau}(\tilde{\lambda}) = \text{Inf} \tilde{\tau}(\lambda) \quad (\text{Eş. 6})$$

Eşitlik (6)'da $\lambda = T_B/T$ ve $\lambda \in [0, 1]$ şeklinde hesaplanmaktadır.

2.2. Eşbütünleşme testi

Bu çalışmada klasik eşbütünleşme testlerine göre daha üstün özelliklere sahip olan ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmaktadır. Pesaran ve ark. (2001)'na göre bu testin özellikleri şu şekilde sıralanabilir. Birincisi; burada seriler düzeyde durağan, birinci farkında durağan ya da karışık bütünleşme özelliklerine sahip olabilirler. İkincisi; küçük örneklerde daha sağlıklı ampirik sonuçlar vermektedir. Üçüncüsü; ARDL modeli yardımıyla kurulan kısıtsız hata düzeltme modeli uzun ve kısa dönem dinamiklerini birlikte analiz etme imkanı sunabilmektedir. ARDL modelinden elde edilen kısıtsız hata düzeltme modeli yardımıyla hem kısa hem de uzun dönem parametreleri aynı anda belirlenmektedir. Kısıtsız hata düzeltme modelleri, aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \gamma DUM_{1978} + \theta_1 \ln CO_{2t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} + \theta_3 \ln GDP^2_{t-1} \\ & + \theta_4 \ln AGR_{t-1} + \theta_5 \ln REN_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 7})$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{6i} \Delta \ln LAND_{t-i} + \gamma DUM_{1978} + \theta_1 \ln CO_{2t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} \\ & + \theta_3 \ln GDP^2_{t-1} + \theta_4 \ln AGR_{t-1} + \theta_5 \ln REN_{t-1} + \theta_6 \ln LAND_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 8})$$

Eşitlik (7) ve (8)'de β_0 , Δ , μ_t ve DUM sırasıyla; sabit parametreyi, birinci fark operatörünü, hata terimini ve yapısal kırılma için kukla değişkeni göstermektedir. AIC ve SIC gibi kriterler kullanılarak ARDL modelinde optimal gecikme uzunluğu tespit edilebilmektedir. Hesaplanan F -istatistiği değeri ile Pesaran ve ark. (2001) ve Narayan (2005)'in kritik değerlerinin karşılaştırılması neticesinde eşbütünleşmenin varlığı belirlenebilmektedir. Modelimizde $H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = 0$ sıfır hipotezini temsil ederken $H_0: \theta_1 \neq \theta_2 \neq \theta_3 \neq \theta_4 \neq \theta_5 \neq 0$ ise alternatif hipotezi göstermektedir. Hesaplanan F -istatistiği Pesaran ve ark. (2001) tarafından belirlenmiş üst kritik değerden yüksek ise değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin varlığına, alt kritik değerden düşük ise değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olmadığına hükmedilir. Şayet F -istatistiği değeri alt ve üst kritik değerler arasında yer alıyorsa bu durumda uzun dönem ilişkisinin varlığı konusunda bir hükme varılamamaktadır.

Seçilen ARDL modelinin geçerli bir model olup olmadığı normal dağılım, otokorelasyon, değişen varyans ve fonksiyonel form testleri yardımıyla belirlenebilmektedir. Ayrıca, Brown ve ark. (1975) tarafından geliştirilmiş olan $CUSUM$ ve $CUSUM^2$ testleri yardımıyla da ARDL modeli uzun dönem parametrelerinin istikrarlılığı tespit edilmektedir. ARDL modelinin uzun dönem parametreleri genelde OLS tahmin tekniği ile tahmin edilmekte ve kısa dönem parametreleri de Hata Düzeltme Modeli kullanılarak analiz edilmektedir. Burada Hata Düzeltme Modeli aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^k \delta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^p \delta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \gamma ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 9})$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^k \delta_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{3i} \Delta \ln GDP^2_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_{4i} \Delta \ln AGR_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^p \delta_{5i} \Delta \ln REN_{t-i} + \sum_{i=0}^p \delta_{6i} \Delta \ln LAND_{t-i} + \gamma ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (\text{Eş. 10})$$

Eşitlik (9) ve (10)'da ARDL modelinden elde edilen hata düzeltme terimi (ECT_{t-1}) uyarlama hızını yani uzun dönem dengesinden bir sapma olması durumunda ne kadar hızla tekrar dengeye ulaşabileceğini ifade etmektedir. Bu terimin parametresi olan γ 'nin negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması istenir. Böyle bir sonuç, aynı zamanda değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olduğuna ilave bir kanıt olarak değerlendirilmektedir.

2.3. Nedensellik testi

Çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto nedensellik testi yardımıyla araştırılmaktadır. Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik testini klasik nedensellik testlerinden ayıran temel özellikler şunlardır. Birincisi; değişkenlerin birinci farkında durağan olma ön şartı aranmamaktadır. Düzeyde, birinci farkında hatta ikinci farkında durağan olabilecekleri gibi değişkenlerin eşbütünleşik olup olmamaları da önemsenmemektedir. İkincisi; bu nedensellik testinde değişkenlerin düzey değerlerinin kullanımı söz konusudur. Dolayısıyla serilere ilişkin bilgi kaybı olmamaktadır. Üçüncüsü; bu nedensellik testi için $(k+d_{max})$ gecikmeli geliştirilmiş bir VAR modeli kurulmaktadır. Burada k klasik VAR modelinin gecikme uzunluğunu, d_{max} ise değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesini ifade etmektedir. Daha sonra Toda ve Yamamoto (1995) tarafından geliştirilmiş ileri bir Wald (MWALD) test istatistiği k gecikmeli VAR modeli parametrelerine uygulanarak nedenselliğin varlığı tespit edilmektedir. MWALD test istatistiği χ^2 dağılım sergiler. Test istatistiğinin anlamlı olması durumunda değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin varlığı sonucuna ulaşılmaktadır. Yani seriler arasında nedenselliğin olmadığını işaret eden boş hipotez reddedilmektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 3, DF-GLS ve Ng-Perron geleneksel birim kök testlerinden elde edilen sonuçları göstermektedir. Sonuçlara göre her bir değişkenin düzey değerlerinde durağan olmadığı görülmektedir. Söz konusu serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları saptanmaktadır. Dolayısıyla serilerin bütünleşme düzeyi $I(1)$ olarak tespit edilmektedir. Geleneksel birim kök testleri ekonomilerdeki dalgalanmalardan kaynaklanan yapısal kırılmaları, kriz ve şokları dikkate almamaktadır. Bu nedenle analizde kullanılan serilerin durağanlıkları yapısal kırılmaları da içeren testlerle de incelenmektedir.

Tablo 3. Geleneksel birim kök test sonuçları

Table 3. Conventional unit root test results

Panel A: Düzey						
Değişkenler	DF-GLS	NG-Perron			Sonuç	
	<i>t</i> -istatistiği	<i>MZ</i> _a	<i>MZ</i> _t	<i>MSB</i>		<i>MPT</i>
<i>lnCO</i> ₂	-2.575(0)	-9.344(0)	-2.113(0)	0.226(0)	9.947(0)	-
<i>lnGDP</i>	-2.071(0)	-8.090(0)	-1.869(0)	0.231(0)	11.661(0)	-
<i>lnGDP</i> ²	-1.850(0)	-6.899(0)	-1.682(0)	0.243(0)	13.385(0)	-
<i>lnAGR</i>	-0.636(1)	-1.947(1)	-0.730(1)	0.374(1)	32.039(1)	-
<i>lnREN</i>	-1.628(0)	-5.922(0)	-1.519(0)	0.256(0)	15.125(0)	-
<i>lnLAND</i>	-1.596(0)	-5.251(0)	-1.480(0)	0.281(0)	16.830(0)	-
Panel B: Birinci Fark						
$\Delta \ln CO_2$	-7.840(0)***	-22.916(0)**	-3.380(0)**	0.147(0)**	4.001(0)**	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln GDP$	-6.752(0)***	-23.499(0)**	-3.421(0)***	0.145(0)**	3.915(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln GDP^2$	-6.751(0)***	-23.499(0)**	-3.421(0)***	0.145(0)**	3.917(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln AGR$	-11.745(0)***	-17.285(0)*	-2.888(0)*	0.167(0)**	5.583(0)*	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln REN$	-7.056(0)***	-23.450(0)**	-3.404(0)**	0.145(0)**	4.006(0)***	<i>I</i> (1)
$\Delta \ln LAND$	-5.504(0)***	-21.940(0)**	-3.311(0)**	0.150(0)**	4.158(0)**	<i>I</i> (1)

Sonuçlar sabitli-trendli model sonuçlarını içermekte olup, sıfır hipotezi "sabitte ve trendde yapısal bir kırılma altında birim kök vardır" şeklindedir. Parantez içindeki değerler, optimal gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan Zivot-Andrews ve Lee-Strazicich birim kök testlerine ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmaktadır. Zivot-Andrews testine göre bütün seriler farkında durağan olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sonuçlar çalışmada ele alınan modellerde bağımlı değişken olarak kullanılan karbondioksit emisyonu için 1978 yılında yapısal bir kırılma olduğunu işaret etmektedir. Lee-Strazicich testinden elde edilen

sonuçlar ise; kişi başına tarımsal katma değer, kişi başına reel gelir ve kişi başına reel gelirin karesi değişkenlerinin düzeyde, diğer değişkenlerin ise birinci farklarında durağan olduğunu göstermektedir. Karbondioksit emisyonuna ilişkin 1978 yılında yapısal kırılmanın tespit edilmesi, Zivot-Andrews testi ile aynı doğrultuda bir sonuçtur. 1978 yılı ikinci petrol krizini içerdiğinden dolayı tespit edilen bu sonuç tutarlıdır. Diğer serilere ilişkin elde edilen kırılma tarihleri ise, Türkiye ekonomisinde yaşanan kriz ve şokların dönemine denk geldiği için tutarlı gözükmemektedir. Ayrıca bu sonuçlar seriler arasındaki uzun dönem ilişkisinin araştırılması aşamasında ARDL sınır testinin kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Yapısal kırılmalı birim kök test sonuçları

Table 4. Unit root test results with structural break

Panel A: Zivot-Andrews Birim Kök Testi					
Değişkenler	Düzye Test istatistiği	Kırılma tarihi	Birinci fark Test istatistiği	Kırılma tarihi	Sonuç
<i>lnCO₂</i>	-4.129(0)	1978	-9.206(0)*	1982	I(1)
<i>lnGDP</i>	-3.710(0)	2001	-5.275(3)*	2004	I(1)
<i>lnGDP²</i>	-3.756(0)	2001	-5.338(3)*	2004	I(1)
<i>lnAGR</i>	-3.187(3)	2001	-5.235(4)*	2005	I(1)
<i>lnREN</i>	-2.363(0)	2007	-8.812(0)*	1999	I(1)
<i>lnLAND</i>	-3.205(0)	1998	-7.500(0)*	1984	I(1)
Panel B: Lee-Strazicich Birim Kök Testi					
Değişkenler	Düzye Test istatistiği	Kırılma tarihi	Birinci fark Test istatistiği	Kırılma tarihi	Sonuç
<i>lnCO₂</i>	-4.048(0)	1978	-6.141(2)*	1998	I(1)
<i>lnGDP</i>	-5.203(3)*	1999	-	-	I(0)
<i>lnGDP²</i>	-5.167(3)*	1999	-	-	I(0)
<i>lnAGR</i>	-4.335(2)*	2002	-	-	I(0)
<i>lnREN</i>	-3.206(0)	1998	-7.663(0)*	1980	I(1)
<i>lnLAND</i>	-3.597(2)	2000	-4.794(1)*	1983	I(1)

LM testinde maksimum gecikme, VAR'dan elde edilen optimal gecikme uzunluğu dikkate alınarak belirlenmiştir. Serilerin durağanlıkları %5 anlamlılık seviyesine göre değerlendirilmiştir. * serilerin %5 seviyesindeki durağanlığını ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler optimal gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Ampirik analiz diğer aşamasında yapısal kırılmaları da dikkate alarak ARDL sınır testi ile seriler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi belirlenmektedir. Model (1) ve (2) için eşbütünlüşme sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır. Modellerle ilişkin hesaplanan *F*-istatistiği değeri Pesaran ve ark. (2001) ve Narayan (2005) kritik tablo değerlerinin %1'de üst sınırını aşmaktadır. Bu durum modellerde yer verilen değişkenler arasında uzun dönemde bir ilişkinin varlığını, yani seriler arasında bir eşbütünlüşme ilişkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, Model (1) ve (2) için elde edilen hata düzeltme terimi (*ECT_{t-1}*) katsayısının negatif ve istatistiki olarak anlamlı tespit edilmesi, seriler arasındaki uzun dönem ilişkisine ilave bir kanıt sağlamaktadır.

Tablo 5. Eşbütünlüşme sonuçları

Table 5. Cointegration results

Panel A: Sınır Testi Sonuçları				
Model (1)	Gecikme Uzunluğu	TB	<i>F</i> -istatistiği	<i>ECT_{t-1}</i>
<i>F(lnCO₂/lnGDP,lnGDP²,lnAGR,lnREN)</i>	3, 0, 4, 0, 0	1978	11.505***	-1.475***
<i>F(lnGDP/lnCO₂,lnGDP²,lnAGR,lnREN)</i>	4, 1, 1, 2, 0	1999	9.720***	-0.436***
<i>F(lnGDP²/lnCO₂,lnGDP,lnAGR,lnREN)</i>	1, 1, 4, 2, 0	1999	9.362***	-0.408***
<i>F(lnAGR/lnCO₂,lnGDP,lnGDP²,lnREN)</i>	4, 0, 0, 0, 4	2002	5.952***	-0.301***
<i>F(lnREN/lnCO₂,lnGDP,lnGDP²,lnAGR)</i>	4, 2, 4, 4, 2	1998	5.350***	0.113***
Model (2)				
<i>F(lnCO₂/lnGDP,lnGDP²,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	4, 4, 4, 3, 3, 4	1978	8.292***	-1.952***
<i>F(lnGDP/lnCO₂,lnGDP²,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	4, 1, 1, 2, 0, 0	1999	8.319***	-0.476***
<i>F(lnGDP²/lnCO₂,lnGDP,lnAGR,lnREN,lnLAND)</i>	1, 1, 4, 2, 0, 0	1999	7.991***	-0.444***
<i>F(lnAGR/lnCO₂,lnGDP,lnGDP²,lnREN,lnLAND)</i>	4, 0, 0, 0, 4, 2	2002	5.734***	-0.260***
<i>F(lnREN/lnCO₂,lnGDP,lnGDP²,lnAGR,lnLAND)</i>	4, 2, 4, 4, 2, 4	1998	4.720**	0.167***
<i>F(lnLAND/lnCO₂,lnGDP,lnGDP²,lnAGR,lnREN)</i>	3, 4, 4, 4, 0, 0	2000	4.025**	-0.683***

Panel B: Kritik Tablo Değerleri				
Pesaran ve ark. (2001) kritik değerler: Sabitli model				
	Model (1)		Model (2)	
Önemlilik düzeyi	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$
%1	3.29	4.37	3.06	4.15
%5	2.56	3.49	2.39	3.38
%10	2.20	3.09	2.08	3.00
Narayan (2005) kritik değerler: Sabitli model				
	Model (1)		Model (2)	
Önemlilik düzeyi	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$	Alt Sınır, $I(0)$	Üst Sınır, $I(1)$
%1	3.84	5.15	3.59	4.98
%5	2.82	3.87	2.67	3.78
%10	2.37	3.32	2.25	3.26

Optimal gecikme uzunluğu, AIC kriteri baz alınarak belirlenmiştir. TB serilere ilişkin kırılma tarihlerini göstermektedir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından, ampirik analizin bu aşamasında her bir değişkenin uzun dönem katsayısının tahminine geçilmektedir. ARDL uzun dönem katsayı tahmin sonuçlarına göre; kişi başına reel gelirin katsayısı pozitif, kişi başına reel gelirin karesinin katsayısı ise negatif ve %1 anlamlılık seviyesinde istatistiki olarak anlamlı bulunduğu Tablo 6'da görülmektedir. Bu sonuç ÇKE hipotezinin uzun dönemde geçerli olduğunu, yani başlangıçta kişi başına reel gelirdeki artışların karbondioksit emisyonunu artırdığını ve belirli bir eşik değerden sonra ise bir azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla modellerde yer verilen iki değişken arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı ortaya konulmaktadır. Bu sonuç; Jalil ve Mahmud (2009), Ozturk ve Acaravci (2010), Shahbaz ve ark. (2012), Bölük ve Mert (2015), Dong ve ark. (2018) gibi çalışmaların ampirik bulgularıyla örtüşmektedir.

Diğer taraftan kişi başına tarımsal katma değer katsayısı Model (1)'de -0.210 ve Model (2)'de -0.468 olarak belirlenmekte ve istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca Model (2)'de tarımın bir diğer göstergesi olarak kullanılan tarımsal arazi değişkeninin katsayısı -0.458 olarak anlamlı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tarım sektörünün uzun dönemde karbondioksit emisyonunu azalttığı anlamına gelmektedir. Bu sonuç; Rafiq ve ark. (2015), Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b), Liu ve ark. (2017), Khan ve ark. (2018), Ben Jebli ve Ben Youssef (2019)'un çalışmalarıyla uyumludur. Diğer taraftan; Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a), Waheed ve ark. (2018), Ngarava ve ark. (2019), Rehman ve ark. (2019)'nın ampirik bulgularıyla da benzerlik arz etmemektedir.

Son olarak, yenilenebilir enerji tüketimi katsayısının Model (1)'de -0.060 olarak %10 önemlilik seviyesinde anlamlı bulunması uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonu arasında negatif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu; Bölük ve Mert (2015), Al-Mulali ve ark. (2016), Danish ve ark. (2017) gibi çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir. Fakat Model (2)'de de yer verilen yenilenebilir enerji tüketiminin katsayısı anlamlı olarak bulunamamıştır. Bu sonuç Pata (2018)'nin bulgularıyla benzerlik teşkil etmektedir.

Tablo 6. Uzun dönem katsayı tahminleri

Table 6. Long-run coefficient estimates

Panel A: Uzun Dönem Katsayılar				
Değişkenler	Model (1)		Model (2)	
C	-43.655***		-32.150***	
$\ln GDP$	9.301***		7.379***	
$\ln GDP^2$	-0.456***		-0.351***	
$\ln AGR$	-0.210**		-0.468***	
$\ln REN$	-0.060*		0.028	
$\ln LAND$	-		-0.458*	
D_{1978}	0.020		-0.005	
Panel B: Tanısal Testler				
	Model (1)		Model (2)	
		Prob.		Prob.
R^2	0.995	-	0.998	-
adj- R^2	0.994	-	0.996	-

<i>F</i> -istatistiği	655.190	0.000	407.411	0.000
Breusch-Godfrey LM Test	0.394	0.677	1.191	0.332
Heteroskedasticity Test: ARCH	0.154	0.696	1.983	0.150
Jarque-Bera Normallik Testi	1.026	0.598	1.931	0.380
Ramsey RESET testi	0.828	0.369	0.738	0.403
Durbin-Watson istatistiği	2.148	-	2.399	-

***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

Tablo 6'nın alt kısmında yer alan tanısal testler incelendiğinde; R^2 'nin yüksek bir değer alması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimleri açıklama gücünün yüksek olduğunu, F test istatistiğinin de anlamlı olması tüm bağımsız değişkenlerin birlikte anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer tanısal testler ise; modelde değişen varyans ve otokorelasyon problemlerinin olmadığını, hata terimlerinin normal dağılım sergilediğini ve model kurulumunda herhangi bir hatanın söz konusu olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen bu sonuçlar modelin uygun bir model olduğunu ispatlamaktadır. Ayrıca Şekil 2 ve 3'te yer alan $CUSUM$ ve $CUSUM^2$ test sonuçları ise, ilgili değerlerin %5 bandı içinde kaldığını ve dolayısıyla uzun dönem katsayılarının istikrarlı olduğunu göstermektedir.

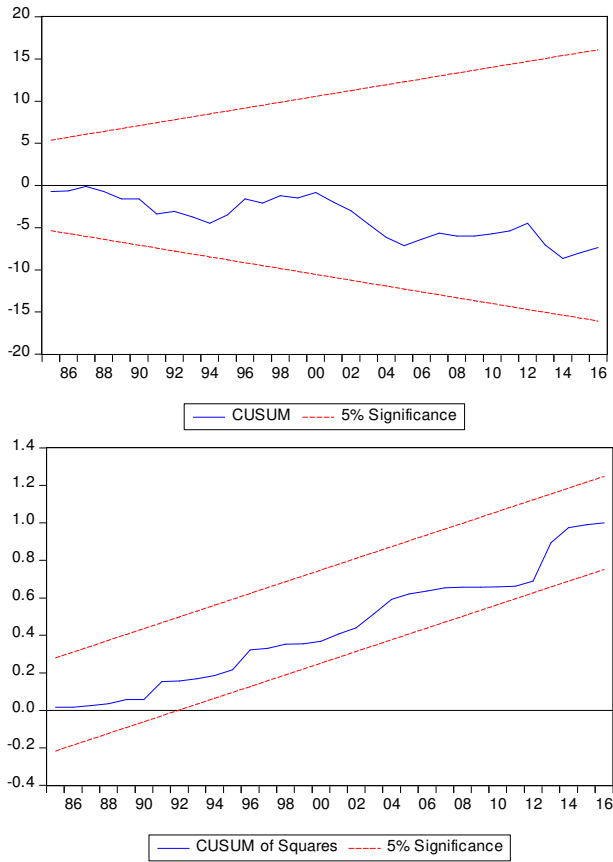


Figure 2. $CUSUM$ and $CUSUMsq$ results (Model 1)

Şekil 2. $CUSUM$ ve $CUSUM^2$ sonuçları (Model 1)

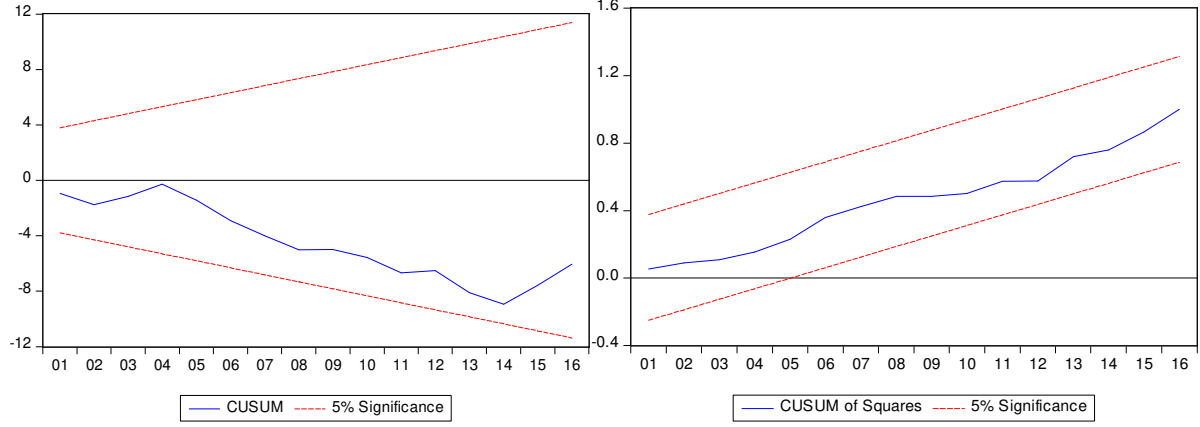


Figure 3. CUSUM and CUSUMsq results (Model 2)

Şekil 3. CUSUM ve CUSUM² sonuçları (Model 2)

Ampirik analiz son aşamasında değişkenler arasındaki nedensellik analizi test edilmekte ve sonuçları Tablo 7’de sunulmaktadır. Ele alınan modellerin ikisinde de kişi başına tarımsal katma değerden karbondioksit emisyonu, kişi başına reel gelir, kişi başına reel gelirin karesi ve yenilenebilir enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik söz konusudur. Ulaşılan bu nedensellik bulguları tarım sektörünün karbondioksit emisyonunun bir nedeni olduğunu göstermekte ve tarım sektöründen karbondioksit emisyonuna doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliğe işaret etmektedir. Bu sonuç Rafiq ve ark. (2015), Liu ve ark. (2017), Waheed ve ark. (2018), Ngarava ve ark. (2019) ve Qiao ve ark. (2019) gibi çalışmaların nedensellik bulgularıyla örtüşmektedir. Diğer taraftan iki eşişken arasında çift yönlü nedensellik tespit eden Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a; 2017b), Appiah ve ark. (2018) ve Olanipekun ve ark. (2019)’nın bulgularıyla benzerlik arz etmemektedir.

Model (1) ve (2)’de tarımsal arazi ve kişi başına tarımsal katma değerden yenilenebilir enerji tüketimine doğru nedensellik saptanması, Türkiye açısından önem arz eden bir sonuçtur. Çünkü enerjide dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye’de tarım vasıtasıyla yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilir. Yenilenebilir enerji göstergelerinden biri olan biyoyakıt ekonomik büyüme ve çevre kirliliği açısından son derece önemlidir. Örneğin, Atay ve ark. (2016) tarımsal atıklardan elde edilen peletin çevre kalitesi açısından olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 7. Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları

Table 7. Toda-Yamamoto causality test results

Panel A: Model (1)		Bağımlı Değişkenler (χ^2 istatistiği)				
Bağımsız Değişkenler	$\ln CO_{2t}$	$\ln GDP_t$	$\ln GDP_t^2$	$\ln AGR_t$	$\ln REN_t$	
$\ln CO_{2t}$	-	2.396 (0.663)	2.443 (0.654)	0.971 (0.914)	9.767** (0.044)	
$\ln GDP_t$	0.606 (0.962)	-	1.564 (0.815)	2.814 (0.589)	17.885*** (0.001)	
$\ln GDP_t^2$	0.514 (0.972)	1.597 (0.809)	-	2.917 (0.571)	18.310*** (0.001)	
$\ln AGR_t$	25.159*** (0.000)	18.205*** (0.001)	17.363*** (0.001)	-	15.482*** (0.003)	
$\ln REN_t$	2.467 (0.650)	2.438 (0.655)	2.366 (0.668)	3.984 (0.408)	-	
Panel B: Model (2)		Bağımlı Değişkenler (χ^2 istatistiği)				
Bağımsız Değişkenler	$\ln CO_{2t}$	$\ln GDP_t$	$\ln GDP_t^2$	$\ln AGR_t$	$\ln REN_t$	$\ln LAND_t$
$\ln CO_{2t}$	-	1.094 (0.895)	1.126 (0.890)	1.939 (0.746)	29.639*** (0.000)	1.147 (0.886)
$\ln GDP_t$	2.151 (0.707)	-	0.711 (0.949)	2.177 (0.703)	37.294*** (0.000)	1.301 (0.861)

$\ln GDP_t^2$	1.914 (0.751)	0.708 (0.950)	-	2.237 (0.692)	37.598*** (0.000)	1.402 (0.843)
$\ln AGR_t$	27.870*** (0.000)	12.036** (0.017)	11.572** (0.020)	-	44.499*** (0.000)	0.394 (0.983)
$\ln REN_t$	5.885 (0.207)	1.220 (0.874)	1.154 (0.885)	3.721 (0.445)	-	0.984 (0.912)
$\ln LAND_t$	6.193 (0.185)	0.337 (0.987)	0.313 (0.988)	4.710 (0.318)	13.879*** (0.007)	-

Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir. *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 seviyesindeki anlamlılığı işaret etmektedir.

4. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışmada tarım sektörü ile çevre kirliliği arasındaki ilişki Türkiye ekonomisi bağlamında analiz edilmiştir. Ampirik analiz bu ilişkiyi araştırabilmek için iki regresyon denklemi şeklinde kurgulanmış ve bu denklemlerdeki değişkenler arasındaki ilişkiyi test eden zaman serisi yöntemlerine yer vermiştir. Çalışmada elde edilen ampirik bulgular şu şekilde sıralanmaktadır: i) Test edilen iki modelde yer verilen değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. ii) Uzun dönem katsayı tahmini sonuçlarında ise, Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerliliği kanıtlanmıştır. Ayrıca tarım sektörü ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. iii) Son olarak tarım sektöründen karbondioksit emisyonuna doğru işleyen bir nedensellik belirlenmiştir. Ek olarak tarım sektöründen yenilenebilir enerji tüketimine doğru da bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar Türkiye’de tarım sektörünün yenilenebilir enerji tüketimi ve çevre kirliliği ile etkileşiminin olduğunu kanıtlamaktadır.

Uzun dönemde tarım sektörü ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu negatif yönde etkilemesi (yani azaltması), politika yapıcılara önemli ipuçları verebilmektedir. Şöyle ki; çevre kirliliğinin azaltılması için tarım sektörünün gelişimi ve katma değerinin yükseltilmesinin yanı sıra tarımsal arazilerin etkin kullanımı ve bunu etkileyecek olumsuz faktörlerin ortadan kaldırılmasına yönelik önemli adımlar atılması gerekmektedir. Modern ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik farkındalığın artırılması, küçük çiftçilere sulama için solaryum tüplerinin temin edilmesi ve organik çiftçiliğin teşvik edilmesi tarım sektörünün çevre kirliliğini azaltıcı yönlerini daha da geliştirecektir. Ayrıca gelişigüzel çalılık yakma ve ağaç budaması, zayıf sulama, zararlı hayvan otlatmaları, enterik fermentasyon, özensiz gübre ve kimyasal kullanımı gibi sürdürülebilir olmayan tarım uygulamalarının terk edilmesi tarım sektörünün çevre kalitesini geliştirmesinde faydalı olacaktır. Tarımsal arazi ölçütü dikkate alınarak çevre kalitesinin iyileştirilmesi bağlamında Konukcu ve ark. (2020)’nin ifade ettiği gibi sanayileşme ve konutlaşma ile tarımsal arazilerin azalmasının veya diğer sektörlere kaymasının önüne geçmek gerekmektedir. Diğer taraftan; tarımsal arazilerin kuraklaşmasıyla iklim değişikliğinin gündeme geldiği düşünüldüğünde Yılmaz (2009)’ın belirttiği gibi kişilerin çevre bilinçlerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalara yer verilmelidir. Bu konuda son olarak; Topçu (2012)’nin belirttiği gibi Türkiye’de giderek daralan tarım arazilerinde tarımsal üretimde bulunabilmek ve arazilerin etkin kullanımını sağlayabilmek için tarım arazilerinin amacına uygun kullanımını sağlayacak yaklaşımlar geliştirilmelidir. Tarım arazilerinde tarım dışı sektörlere yönelik uygulamalarda nitelikli tarım topraklarının korunması, bu konuda yürürlükte olan yasal düzenlemelerin yeniden ele alınması ve daha işler hale getirilmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan çevre kirliliğini azaltmada yenilenemeyen enerji kaynakları yerine ekonomide rüzgar, su ve güneş enerjisi kaynaklarından istifade edilmelidir. Bunun için hükümet özel sektör kurumlarının yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, üretimi ve yeniliklerine yönelik proje ve yatırımlarını teşvik etmelidir.

Son olarak, bu çalışma ileriki çalışmalara da öncülük edebilecektir. Şöyle ki; karbondioksit salınımı yanı sıra azot salınımı da tarım sektörü için önemli olup bir sonraki çalışmada çok çeşitli çevre kirliliği göstergeleri dikkate alınarak araştırma genişletilebilir. Dahası tarım sektörüne ek olarak sanayi ve hizmetler sektörü de ilave edilerek sektörler arası bir karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca farklı ülke ekonomileri de ampirik analize dahil edilerek ülkelerarası karşılaştırmalı sonuçlar elde edilebilir.

Kaynakça

- Abeydeera, L.H.U.W., Mesthrige, J.W., Samarasinghalage, T.I. (2019). Global research on carbon emissions: a scientometric review. *Sustainability* 11: 1-25.
- Al-Mulali, U., Solarin, S.A., Ozturk, I. (2016). Investigating the presence of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Kenya: an autoregressive distributed lag (ARDL) approach. *Natural Hazards* 80: 1729-1747.
- Appiah, K., Du, J., Poku, J. (2018). Causal relationship between agricultural production and carbon dioxide emissions in selected emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 24764-24777.
- Asumadu-Sarkodie, S., Owusu, P.A. (2017). The causal nexus between carbon dioxide emissions and agricultural ecosystem-an econometric approach. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 1608-1618.
- Atay, O.A., Ekinci, K., Umucu, Y. (2016). Yağ gülü damıtma atıkları, kızılçam kabuğu ve linyit kömür tozundan elde edilen peletlerin baca gazı emisyonlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13 (2): 1-9.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017a). Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 24 (2): 149-158.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017b). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO₂ emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators* 74: 295-301.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2017c). Renewable energy, arable land, agriculture, CO₂ emissions, and economic growth in Morocco. *MPRA Paper*, No. 76798.
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S. (2019). Combustible renewables and waste consumption, agriculture, CO₂ emissions and economic growth in Brazil. *Carbon Management* 10 (3): 309-321.
- Bhargava, A. (1986). On the theory of testing for unit roots in observed time series. *The Review of Economic Studies* 53 (3): 369-384.
- Bölük, G., Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Review* 52: 587-595.
- Brown, R.L., Durbin, J., Evans, J.M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relations over time. *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 37: 149-163.
- Burck, J., Hagen, U., Marten, F., Höhne, N., Bals, C. (2019). Climate Change Performance Index, Results-2019.
- Danish, Z.B., Wang, B., Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production* 156: 855-864.
- Dong, K., Sun, R., Jiang, H., Zeng, X. (2018). CO₂ emissions, economic growth, and the environmental Kuznets curve in China: What roles can nuclear energy and renewable energy play? *Journal of Cleaner Production* 196: 51-63.
- Elliott, G., Rothenberg, T.J., Stock, J.H. (1996). Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica* 64 (4): 813-836.
- Ertugrul, H.M., Cetin, M., Seker, F., Dogan, E. (2016). The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries. *Ecological Indicators* 67: 543-555.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics* 110 (2): 353-377.
- Grzelak, A., Guth, M., Matuszczak, A., Czyzewski, B., Brelik, A. (2019). Approaching the environmental sustainable value in agriculture: How factor endowments foster the eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production* 241: 1-9.
- Islam, N., Vincent J., Panayotou, T. (1999). Unveiling the income-environment relationship: an exploration into the determinants of environmental quality. *Harvard Institute for International Development, Development Discussion Paper*, No. 701.
- Jalil, A., Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets curve for CO₂ emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy* 37: 5167-5172.
- Johnston, B.F., Mellor, J.W. (1961). The role of agriculture in economic development. *American Economic Review* 51 (4): 566-593.
- Khan, M.T.I., Ali, Q., Ashfaq, M. (2018). The nexus between greenhouse gas emission, electricity production, renewable energy and agriculture in Pakistan. *Renewable Energy* 118: 437-451.
- Konukcu, F., Deveci, H., Altürk, B. (2020). Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin AquaCrop ve WOFOST modeller ile tahmin edilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 17 (1): 77-96.
- Lee, J., Strazicich, M.C. (2004). Minimum LM unit root test with one structural break. *Working paper*, Erişim: <http://econ.appstate.edu/RePEc/pdf/wp0417.pdf>.
- Lee, J., Strazicich, M.C. (2013). Minimum LM Unit Root Test With One Structural Break. *Economic Bulletin* 33 (4): 2483-2492.
- Li, T., Balezentis, T., Makuteniene, D., Streimikiene, D., Krisciukaitiene, I. (2016). Energy-related CO₂ emission in European Union agriculture: Driving forces and possibilities for reduction. *Applied Energy* 180: 682-694.
- Liu, X., Zhang, S., Bae, J. (2017). The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production* 164: 1239-1247.
- Luo, Y., Long, X., Wu, C., Zhang, J. (2017). Decoupling CO₂ emissions from economic growth in agricultural sector across 30 Chinese provinces from 1997 to 2014. *Journal of Cleaner Production* 159: 220-228.
- Matsuyama, K. (1992). Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth. *Journal of Economic Theory* 58: 317-334.

- Narayan, P.K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics* 37 (17): 1979-1990.
- Ng, S., Perron, P. (2001). Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica* 69 (6): 1519-1554.
- Ngarava, S., Zhou, L., Ayuk, J., Tatsvarei, S. (2019). Achieving food security in a climate change environment: Considerations for environmental Kuznets curve use in the South African agricultural sector. *Climate* 7 (108): 1-17.
- Nowak, A., Schneider, C. (2017). Environmental characteristics, agricultural land use, and vulnerability to degradation in Malopolska Province (Poland). *Science of the Total Environment* 590-591: 620-632.
- OECD (2019). OECD database. Erişim: <https://data.oecd.org> (20 Aralık 2019).
- Olanipekun, I.O., Olasehinde-Williams, G.O., Alao, R.O. (2019). Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. *Science of the Total Environment* 692: 60-67.
- Ozturk, I., A. Acaravci (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Review* 14: 3220-3225.
- Parajuli, R., Joshi, O., Maraseni, T. (2019). Incorporating forests, agriculture, and energy consumption in the framework of the environmental Kuznets curve: A dynamic panel data approach. *Sustainability* 11 (2688): 1-11.
- Pata, U.K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO₂ emissions in Turkey: Testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production* 187: 770-779.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics* 16: 289-326.
- Phillips, P.C.B., Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75 (2): 335-346.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H., Dong, K. (2019). The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: Evidence from G20 countries. *Science of the Total Environment* 671: 722-731.
- Rafiq, S., Salim, R., Apergis, N. (2015). Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 60: 348-365.
- Rehman, A., Ozturk, I., Zhang, D. (2019). The causal connection between CO₂ emissions and agricultural productivity in Pakistan: Empirical evidence from an autoregressive distributed lag bounds testing approach. *Applied Sciences* 9 (1692): 1-16.
- Seker, F., Ertugrul, H.M., Cetin, M. (2015). The impact of foreign direct investment on environmental quality: A bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52: 347-356.
- Shahbaz, M., Lean H.H., Shabbir, M.S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: Cointegration and granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Review* 16: 2947-2953.
- Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T., Ali, A. (2013). Revisiting the environmental Kuznets curve in a global economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25: 494-502.
- Thirlwall, A.P. (1986). A General model of growth and development along Kaldorian lines. *Oxford Economic Papers* 38: 199-219.
- Toda, H.Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical inferences in vector autoregression with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics* 66 (1): 225-250.
- Topçu, P. (2012). Tarım arazilerinin korunması ve etkin kullanılmasına yönelik politikalar. Kalkınma Bakanlığı, yayın No:2836.
- TÜİK (2019). TÜİK Çevre İstatistikleri, Erişim: <http://tuik.gov.tr> (20 Aralık 2019).
- United Nations (2019). Climate action and support trends. United Nations Climate Change Secretariat, Germany.
- Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., Ingram, J.S.I. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 195-222.
- Vogel, S.J. (1994). Structural changes in agriculture: Production linkages and agricultural demand-led industrialization, *Oxford Economic Papers* 46: 136-156.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO₂ emission. *Journal of Cleaner Production* 172: 4231-4238.
- World Bank (2019). World development indicators database. Erişim: <https://data.worldbank.org> (20 Aralık 2019).
- Xu, B., Lin, B. (2017). Factors affecting CO₂ emissions in China's agriculture sector: Evidence from geographically weighted regression model. *Energy Policy* 104: 404-414.
- Yılmaz, R. (2009). Edirne'de çevre bilincinin belirlenmesi ve sosyo-ekonomik özelliklerin çevresel bilinç üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6 (1): 79-92.
- Zafeirioua, E., Azam, M. (2017). CO₂ emissions and economic performance in EU agriculture: Some evidence from Mediterranean countries. *Ecological Indicators* 81: 104-114.
- Zivot, E., Andrews, D.W.K. (1992). Further evidence on the great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics* 10 (3): 251-70.

Determination of Consumer's Willingness to Pay for Halal Food

Tüketicilerin Helal Gıda Ürünlerine Yönelik Ödeme İstekliliklerinin Belirlenmesi


Ayşe Büşra MADENCİ¹, Zeki BAYRAMOĞLU², Selman TÜRKER³, Kemalettin AĞIZAN^{4*},
Vildan EYİZ⁵**Abstract**


Halal food has been studied in recent years in terms of both food safety and food security. Especially halal food products health, hygiene, quality, eco-friendly and so on. Considering the criteria, it is seen as an opportunity for entrepreneurs in the food sector. The rise in the demand for halal food products in the world evaluation of these opportunities is important in terms of Turkey. Indeed, Turkey is an important country as the potential for halal food products, consumers should investigation of attitudes and behavior towards halal food. Within the scope of the study, it was aimed to determine the willingness of consumers to pay for halal foods and for this purpose, 383 consumers were surveyed with a simple random sampling method in central districts of Konya. In the study, Willingness to Pay (WTP) method, which is one of the conditional evaluation methods, was used to determine the willingness of consumers to pay for halal foods. In this context, firstly, probit analysis was performed to determine the variables that best explain the willingness of consumers to pay. According to the probit analysis, it was found that willingness to pay for halal food products positively affected the gender, consumer age, marital status, consumer income, consumer occupation and education of the consumer. In addition, the marginal effects of variables used in the willingness to pay model for halal food for different payment options were calculated. According to the analysis, it was determined that the willingness to pay for marginal increases in the variables of the gender of the consumer, household width, consumer age, marital status, consumer monthly income, occupational status and consumer education. The level at which consumers are willing to pay for halal foods is WTP 10, a category where consumers can pay 100% or 2 times higher than normal price.

Keywords: Consumer, Food sector, Halal food, Marginal effects, Willingness to pay


Özet


Halal gıda hem gıda güvenliği hem de gıda güvencesi açısından son yıllarda üzerinde çalışılan konular arasındadır. Özellikle helal gıda ürünlerinin sağlık, hijyen, kalite, çevre dostu vb. kriterler dikkate alındığında gıda sektöründe girişimciler için fırsat olarak görülmektedir. Dünya'da helal gıda ürünlerine olan talebin yükselmesiyle bu fırsatların değerlendirilmesi Türkiye açısından da önemlidir. Nitekim Türkiye helal gıda ürünlerine yönelik olarak önemli bir potansiyel ülke olup, tüketicilerin helal gıdalara yönelik tutum ve davranışlarının incelenmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında da tüketicilerin helal gıdalara yönelik ödeme istekliliklerinin belirlenmesi amaçlanmış ve bu amaca yönelik olarak Konya ili Merkez ilçelerinde basit tesadüfi örnekleme yöntemine göre belirlenen 383 tüketici ile anketler yapılmıştır. Yapılan çalışmada tüketicilerin helal gıdalara yönelik ödeme

¹ Necmettin Erbakan University, Gastronomy and Culinary Arts, Konya, Turkey. E-mail: abmadenci@gmail.com  OrcID: 0000-0001-9987-6771

² Selcuk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Economics, Konya, Turkey. E-mail: zbayramoglu@selcuk.edu.tr  OrcID: 0000-0000-3258-3848.

³ Necmettin Erbakan University, Food Engineering Department, Konya, Turkey. E-mail: selmanturker@gmail.com  OrcID: 0000-0003-1233-7906.

^{4*} **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Selcuk University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Economics, Konya, Turkey. E-mail: agizankemalettin@gmail.com  OrcID: 0000-0002-2340-2614.

⁵ Necmettin Erbakan University, Food Engineering Department, Konya, Turkey. E-mail: vildantop93@gmail.com  OrcID: 0000-0003-1081-4166.

Atıf/Citation: Madenci, A. B., Bayramoğlu, Z., Türker, S., Ağızan, K., Eyiz, V. Determination of Consumer's Willingness to Pay for Halal Food. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 346-356.

*Bu çalışma 181222008 numaralı Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

isteklilikleri belirlenmesi için koşullu değerlendirme yöntemlerinden olan Willingness to Pay (WTP) yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle olarak tüketicilerin ödeme istekliliğini en iyi şekilde açıklayan değişkenlerin belirlenmesi amacıyla probit analizi yapılmıştır. Yapılan probit analizi sonucuna göre helal gıda ürünlerine yönelik ödeme istekliliğini tüketicinin cinsiyeti, tüketici yaşı, medeni durumu, tüketici geliri, tüketici mesleği ve tüketicinin eğitimi pozitif yönde etkilediği belirlenmiş olup, hanedeki birey sayısının helal gıda ürünlerine yönelik olarak ödeme istekliliğini azalttığı bulunmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında helal gıda için ödeme istekliliği modelinde kullanılan değişkenlerin farklı ödeme seçenekleri için marjinal etkileri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tüketici, Gıda sektörü, Helal gıda, Marjinal etkiler, Ödeme istekliliği

1. Introduction

Needed a title, the concept of halal food has gained a seat in the food industry. Improved trade conditions and globalization have swiftly paved the way for non-Muslim countries as well as Muslim countries to find a place in this market (Memiş et al., 2018). That a product or service is halal means that it does not violate religious rules or is not religiously prohibited (TDK, 2018). Putting the concept of halal fully into practice can only be achieved by obeying the Islamic rules (Yazıt et al., 2017), and in essence, the concept of halal food refers to the fact that Islamic rules are followed in every stage of food production (Akpınar et al., 2014); (Türker, 2018) to deem food substances as halal is not only about the way the animal is slaughtered, alcohol use, sources of food and beverages, but also about standards and processes (Memiş et al., 2018).

As of 2016, total market size of halal food products has exceeded 3.6 trillion dollars. The greatest share on sectorial basis is held by the finance sector with 50% and food sectors with 31% (Anonymous, 2015). With 20% annual growth rate, the industry has a trade volume of approximately \$ 605 billion per year. Thus, the halal industry has become one of the fastest growing product and service markets in the world. One of the countries that benefit from the growth in the halal food industry is the United Arab Emirates. According to the Global Islamic Economics Report, Turkey is not included in the top 10 the countries benefiting from this trade network. Certification processes, lack of awareness and social factor, i.e. halal food-price index, are the reasons behind it (Genç and Yardımcioglu, 2017).

The efforts to pave the way for certification and raise awareness on halal food have reached a significant level in Turkey. On the other hand, the fact that the prices of halal food are much higher than those of other products leads to a decrease in customer demand. The price is important for both businesses and consumers. For producers, the prices of products with halal certificate indicate the monetary value of the products at certain costs while for consumers it refers to the benefit to be gained from the consumption of those products. Therefore, it is necessary for a sustainable marketing to set the prices of halal food products by taking into consideration the perception of the consumers, income level and demands besides the production costs.

In the literature, there are many studies discussing the perceptions, attitudes and knowledge levels of consumers about halal food. In particular, the studies were conducted on consumers' attitudes and behaviors towards halal food (Çukadar, 2017); (Gürdin, 2017); (Kızgın and Özkan, 2014); (Kurtoğlu and Çiçek, 2013); (Memiş et al., 2018); (Nurrachmi, 2017); (Özdemir and Yaylı, 2014); (Öztürk et al., 2016); (Soesilowati, 2010); (Yazıt et al., 2017). In addition, various studies were carried out on halal food certificate (Genç and Yardımcioglu, 2017); (Hamdan et al., 2013); (Kitayama et al., 2018) on consumer awareness level of halal food (Derin and Mevlüt, 2016), on halal food markets and the nature of those markets (Mahdı and Djakeli, 2014); (Torlak, 2012); (Wan Hassan and Awang, 2009). Furthermore, several studies concluded that attitudes towards halal food differ in line with consumers' socio-economic status (Boyras et al., 2017) and there are technological differences between halal food and traditional food (Ilie et al., 2016).

In the context of willingness to pay, previous studies were particularly carried out on agriculture and food. Bal et al. (2006) put forward consumers' willingness to pay for safe food while (Mutlu, 2007) revealed consumers' willingness to pay for certified red meat products. In addition, (Toklu et al., 2016) examined the willingness to pay for geographical indication (GI) products. There are also studies on the willingness to pay for halal food. Çukadar (2017) and GençYardımcioglu (2017) determined the willingness of consumers to pay for halal certified products. However, in both studies, willingness to pay was measured by a Likert scale. Unlike previous studies, the current study employs the Willingness to Pay (WTP) scale to specify how much extra consumers would accept to pay for a particular benefit. Marginal effects of the variables in the willingness model were measured for different payment options, as well. Accordingly, it was tested by which factor the willingness to pay extra for halal food products will vary.

2. Materials and Methods

In the current study, primary and secondary data were employed to determine the willingness of consumers to pay extra for halal food products. The primary source of data is the surveys conducted with consumers in Konya.

Accordingly, the research population is composed of consumers in Konya. Simple random sampling method was used for selecting the research sample. The formula below was used in the scope of the simple random sampling (Miran, 2002); (Newbold et al., 2012); (Oğuz and Karakayacı, 2017). In the light of the simple random probability sampling method, 90% confidence interval and 5% error margin were fixed to determine the sample size. In total, 383 respondents from different regions of Konya were interviewed. On the other hand, for the secondary data, all kinds of printed publications, reports, scientific publications were reviewed and compiled.

$$n = \frac{N(pq)}{(N-1)D^2+(pq)} \tag{Eq.1}.$$

Contingent Valuation Method was used to determine the willingness of consumers to pay extra for competing products. Contingent Valuation Method used in this research is a survey method. At the stage of implementation, a hypothetical market is created for any environmental goods or services that cannot be bought or sold in the market and a scenario is drafted about the benefits that people will get from those goods or services. These scenarios are provided to the sample group selected for the survey and thus it is determined the extent to which people are willing to pay for the benefit they obtain from the use or consumption of the goods or services in question (Carson, 2000); (Yıldırım, 2014). This method, which is generally used for the matters related to environmental awareness, was adopted in the current study to find out how much consumers are willing to pay for halal food products. The aim of the analysis was to identify the prices that consumers are willing to pay for.

In recent years, important methods have been developed to estimate the economic value of the assets which do not have any monetary value within the economy (Ortaçesme et al., 1999); (Talay and Belkayalı, 2010). These methods include direct and indirect methods. Indirect methods are based on monitoring the course of economic indicators and determining their value for different environmental factors. Direct methods, on the other hand, avoid a potential market assumption and allow individuals to express their preferences for environmental commodities through reciprocal interviews and surveys. The most used direct method in the studies is the contingent valuation method. There are two main components of the conditional assessment methodology. The first is the Willingness To Pay (WTP) method, which specifies how much consumers are willing to pay for a particular benefit, and the second one is the Willingness To Accept (WTA) method, which shows how much consumers will accept to pay at a certain cost (Holvad, 2006). In the scope of the current study, Willingness to Pay (WTP) method was used to determine how much extra consumers are willing to pay for halal food.

In general, the function of the Willingness To Pay (WTP) curve developed in KDY studies is as follows (Maalouf et al., 2004)

$$WTP = \beta'x + \varepsilon \tag{Eq.2}$$

where WTP* is the an unobserved latent variable, X is a vector of independent variables effecting WTP (age, gender, education, household size, income, Marital status, Occupation), β is a vector of parameters demonstrating the relationship between dependent variable (WTP) and independent variables, e is an unobserved disturbance term. The relation between the unobserved WTP and observed outcome for respondent i, WTP (WTP=0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10) can be summarized as follows:

Where μ, is a parameter representing a threshold separating the categories in the observed variable. The probability can be written following equations (3):

$$\text{Prob (WTP =0)}=\Phi(-\beta'x).$$

$$\text{Prob(WTP =10)}= 1- \Phi(\mu_{10}-\beta'x). \tag{Eq.3}$$

To determine the marginal effects;

$$\frac{\partial pr(wtp=0)}{\partial x} = -\varphi(\beta'x)\beta,$$

$$\frac{\partial pr(wtp=2)}{\partial x} = [\varphi(-\beta'x) - \varphi(\mu - \beta'x)]\beta, \quad (\text{Eq.4})$$

$$\frac{\partial pr(wtp=10)}{\partial x} = -\varphi(\mu_9 - \beta'x)\beta.$$

In this study, willingness to pay is listed in eleven (11) categories. Accordingly, those who do not want to pay at all (0), who want to pay 10% (1), who want to pay more than 20% (2), who want to pay more than 30% (3), who want to pay more than 40% (4), who want to pay more than 50% (5), those who want to pay more than 60% (6), who want to pay more than 70% (7), who want to pay more than 80% (8), who want to pay more than 90% (9) and those who want to pay more than 100% (10).

3. Results and Discussion

In the scope of the study, firstly, the variables that explain the consumers' willingness to pay in the best way are supposed to be determined. It is important to involve both social and economic variables in the study because these variables have a notable effect on willingness to pay. As a matter of fact, it has been revealed in various studies that social characteristics of consumers have a great effect on willingness to pay (Angulo et al., 2005); (Mutlu, 2007); (Nayga Jr et al., 2002). All these social parameters affect the perception levels and attitudes and behaviors of the consumers; therefore, a great number of studies include these parameters in the research models (Torun and Akpınar, 2014); (Yılmaz et al., 2009). In this context, socio-economic indicators to be utilized in determining the factors affecting consumers' willingness to pay are provided in Table 1. Since each of the parameters such as gender, number of individuals in the household (household size), consumer age, marital status, income level, profession and education have an impact on consumers' willingness to pay for halal food products, they are included in the research model in the current study.

Table 1. Descriptive Statistics on Factors Affecting Payment Willingness

Gender	Male	67%	Marital status	Single	13%
	Female	33%		Married	84%
Household size	1	4%	Occupation	Divorced	3%
	2	12%		Housewife	12%
	3	22%		Unemployed	2%
	4	30%		Private sector	38%
	5	24%		Engineer	6%
	6	7%		Officer	11%
	6+	1%		Teacher	8%
Age	Under 18	0%	Academician	3%	
	19-25	12%	Student	1%	
	26-33	24%	Artisan	19%	
	34-40	26%	Education	Not Literate	1%
	41-50	22%		Literate	2%
51+	16%	Primary school		22%	
Household Monthly Income	1500 ₺ and below	6%		Middle School	10%
	1.501-3.000 ₺	41%		High school	27%
	3.001-5.000 ₺	36%	University	35%	
	5.000 ₺-8.000 ₺	14%	Master / Doctor	3%	
	8.000 ₺-12.000 ₺	2%			
	12.000 ₺ and above	1%			

Ordered Probit model was established to determine the willingness to pay extra for halal food products. The results are presented in Table 2. To determine the statistical significance of the probit model, Cox and Snell was calculated as 60.20% at 1% significance level. This rate indicates that changes in independent variables account for 60% of the dependent variable. When the overall research model is examined, it is observed that all the statistics are significant.

Table 2. Payment Willings Analysis for Halal Food

	Estimate	Std. Error	Wald	Degree of freedom	Significance level	95% Confidence interval	
						Lower limit	Upper limit
[WTP = ,00]	-0.161	0.473	0.116	1	0.733	-1.088	0.766
[WTP = 1,00]	2.052	0.369	30.886	1	0.000	1.328	2.775
[WTP = 2,00]	2.718	0.374	52.789	1	0.000	1.985	3.451
[WTP = 3,00]	3.432	0.382	80.589	1	0.000	2.683	4.182
[WTP = 4,00]	3.775	0.387	95.099	1	0.000	3.016	4.533
[WTP = 5,00]	4.034	0.391	106.357	1	0.000	3.267	4.801
[WTP = 6,00]	4.547	0.401	128.335	1	0.000	3.76	5.334
[WTP = 7,00]	4.638	0.404	132.128	1	0.000	3.847	5.429
[WTP = 8,00]	4.717	0.405	135.347	1	0.000	3.922	5.512
[WTP = 9,00]	4.758	0.407	136.987	1	0.000	3.961	5.555
Household size	-0.063	0.031	3.974	1	0.046	-0.124	-0.001
Age	0.175	0.04	18.916	1	0.000	0.096	0.253
Marital Status	0.328	0.066	24.557	1	0.000	0.198	0.458
Income	0.115	0.057	4.02	1	0.045	0.003	0.227
Occupation	0.027	0.019	2.062	1	0.151**	-0.01	0.064
Education	0.285	0.038	56.648	1	0.000	0.211	0.36
Gender	0.177	0.114	2.419	1	0.120*	-0.046	0.4

Statistically significant at *%15 importance level and **%20 importance level

According to the result of the probit analysis, all the parameters in the model were considered important because the significance levels of t statistical values were less than 20%. As a matter of fact, there are many studies that accept up to 20% of the statistical significance level in the Agricultural Economy and Consumer studies conducted to date (K. Ağızan, 2018); (S. Ağızan and Bayramoğlu, 2018); (Bayramoğlu et al., 2019); (Bayramoğlu et al., 2013); (Bayramoğlu et al., 2014); (Oğuz and Arisoy, 2002); (Oguz and Kaya, 2016); (Oguz and Yener, 2018). The first social parameter in the model is the household size. Within the scope of the study, the household size varies from 4 to 5 people on average with a percentage of 54. Accordingly, a negative correlation was found between the number of individuals living in the household and willingness to pay for halal food products. As the number of individuals in the household decreases, consumers' willingness to pay for products with halal food certificate will increase, or, as the number of individuals in the household increases, the willingness to pay will decrease. This is an expected result, meaning that the increase in the number of individuals in the household will increase the consumption of products with halal food certificate and thus the household expenses will increase, as well. The prices of products with halal food certificate are higher than those of other food products. Hence, the demand for these products will tend to decrease as the number of household members increases.

Another parameter in the model is the consumer age. Within the scope of the study, it is seen that the average age of consumers ranges between the ages of 30 and 40 with 26%, between the ages of 26 and 33 with 24%, and between the ages of 41 and 50 with 22% (Table 1). According to the probit analysis, there is a significant and positive correlation between consumer age and willingness to pay. When the other variables are fixed, it can be indicated that the one-year increase in the age of household head increases the willingness to pay extra for halal products. As a matter of fact, as consumers get older, they gain higher religious sensitivity, which results in higher awareness on food consumption. Previous studies also verify that awareness of halal products increases with the age factor (Golnaz et al., 2010); (Yazıt et al., 2017).

Another parameter is the marital status of the consumer. It is seen that 84% of the consumers in the current study are married, 13% are single and 3% are divorced (Table 1). The analysis results indicate that there is a significant and linear correlation between marital status and willingness to pay. It is observed that married individuals have higher willingness to pay extra for halal food. Marriage brings further responsibility on individuals and they intend to provide family members with healthy and halal products. On the other hand, single consumers ignore such sensitivities and consume other food products, as well.

The most important factor affecting the preference of goods and services is the individual's income level. As a matter of fact, high prices affect the consumption rate of halal products. Therefore, it is known that these products

will be more accessible if income level increases. Within the scope of the current study, it is concluded that there is a significant and positive correlation between income groups and willingness to pay. According to the analysis results, it can be claimed that the products with halal food certificate have high income elasticity of demand. That is, the change in quantity of consumption is higher than the change in income. Therefore, the marketing of halal food products or the establishment of marketplaces by taking into consideration the income level of consumers in the region will pave the way for the expansion of halal product markets. The profession parameter in the model develops awareness in each aspect because the income levels of consumers differ based on their professions. As mentioned earlier, the increased level of income increases individuals' willingness to pay. Therefore, it has been concluded because of analyses that individuals with high-income professions such as academics and civil servants show higher willingness to pay for halal food products.

Education, which is another parameter, is an important factor for raising awareness and embracing the use of halal products. As the level of education increases, the demand for halal food products grows, which results in increase in willingness to pay. As a matter of fact, this has been revealed in previous studies and it is expected that the demand for products with halal certificate will grow as the level of education increases (Çukadar, 2017). The analysis results in the current study conclude a significant and positive correlation between the level of education and willingness to pay. However, the level of education can be increased only via awareness-raising and publication activities, because a significant proportion of consumers (88%) are at and above the age of 26. Accordingly, consumers should be informed about halal food. Proliferation of public service announcements, advertising and promotional activities, and the establishment of halal food sections in bazaars or markets will pave the way for awareness-raising, and thus, consumers with low educational level will become more knowledgeable about halal products.

The last variable is gender. The analysis results in the current study conclude that halal food products are mostly preferred by female consumers and they are more willing to pay extra for halal food products. As a matter of fact, the main responsible person for fulfilling responsibilities within the family and is responsible for the kitchen is the woman at home. Although the man generates income for the household, the woman deals with housework and is responsible for feeding the family. In addition, it is known that women are more willing to pay for halal foods as they have higher religious sensitivity, higher level of social responsibility, pay more attention to promotional activities, security, certification, advertisement and brand (Kurtoğlu and Çiçek, 2013).

According to the probit analysis results, consumers' willingness to pay for halal food products was determined in the light of the number of household members, age, marital status, income, profession, education and gender of consumers. The significance level of each parameter was found below the acceptable values in the field of agricultural economy. Accordingly, all parameters except the number of household members have a positive correlation with the willingness to pay. For this reason, firstly, awareness-raising should be ensured through educational activities to spread the use of halal food products. In addition, the unit costs of halal food products should be reduced, and they should be marketed in a way that society can benefit.

Table 3 presents the marginal effects of the variables used in the model of willingness to pay for halal food for different payment options. The range of the dependent variable was extended between 0% and 100% to explain the factors by which the willingness to pay extra for halal food products will vary. The highest level of willingness to pay despite the marginal increases in the variable of gender, household size, age, marital status, income, occupational status and educational level is the category $WTP = 10$, where consumers are willing to pay 100% extra than normal price. In other words, the fact that consumers are women increases the willingness to pay twice the normal price at 30 percent. Similarly, while the increase of household width decreased the willingness to pay by 10%, the increase of consumer age was determined to increase by 19%, the marriage of consumers by 46%, the increase of consumer income by 26%, the employment of consumers by 4% of academics or civil servants, and the willingness to pay by 23% of consumer education graduates.

Table 3. Probit Analysis Marginal Effects

	Gender	Household size	Age	Marital status	Income	Occupation	Education
WTP=0	-0.019	0.006	-0.012	-0.028	-0.016	-0.002	-0.002
WTP=1	-0.558	0.191	-0.347	-0.844	-0.478	-0.073	-0.043
WTP=2	-0.213	0.073	-0.132	-0.321	-0.182	-0.028	-0.302
WTP=3	0.013	-0.005	0.008	0.020	0.011	0.002	0.024
WTP=4	0.097	-0.033	0.060	0.146	0.083	0.013	0.037
WTP=5	0.095	-0.033	0.059	0.144	0.081	0.012	0.023
WTP=6	0.202	-0.069	0.125	0.305	0.173	0.026	0.015
WTP=7	0.034	-0.012	0.021	0.051	0.029	0.004	0.011
WTP=8	0.028	-0.010	0.018	0.043	0.024	0.004	0.001
WTP=9	0.014	-0.005	0.009	0.022	0.012	0.002	0.005
WTP=10	0.307	-0.105	0.191	0.464	0.263	0.040	0.231

Examining the marker of each variable in the model, the marker of the household size is negative and statistically significant at 5% significance level. Accordingly, it can be put forward that the increase in the number of individuals in the household will reduce the willingness to pay extra for halal food products. Table 3 shows, in each value range, the relationship between household size and willingness to pay. Accordingly, as the number of individuals in household increases, consumers' probability of no-payment, paying 10% extra and paying 20% extra for halal food products increases by 1%, 20% and 7% respectively, whereas the probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra decreases by 1%, 3%, 3%, 6%, 1%, 1%, 1% and 10%, respectively

The marker of gender, another variable in the model, is positive. Accordingly, it can be indicated that the fact that consumers are women will increase the willingness to pay extra for halal food products. When the gender is female, the probability of no-payment, paying 10% extra and paying 20% extra decreases by 1%, 55% and 21%, respectively, whereas the probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra increases by 1%, 9%, 20%, 3%, 2%, 1% and 30% respectively.

Another variable is age and its marker in the probit analysis is positive. Accordingly, as the age range of consumers increases, the willingness to pay extra for halal food products increases, as well. Similar to the variable of gender, the probability of non-payment, paying 10% extra and paying 20% extra decreases by 1%, 34% and 13%, respectively, whereas the probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra increases by %1, %6, %5, %12, %2, %1, %1 and %19, respectively.

Marital status has a positive marker in the probit analysis. It was found that married consumers are willing to pay more for halal food products. As a matter of fact, this is an expected result. In this regard, marginal analysis is utilized to determine in which group the willingness to pay is high. Accordingly, the married consumers' probability of no-payment, paying 10% extra and paying 20% extra decreases by 2%, 84% and 32% respectively, whereas the probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra increases by 1%, 14%, 14%, 30%, 5%, 4%, 2% and 46%, respectively.

As the level of income increases, the consumers' willingness to pay extra for halal food products increases, as well. Accordingly, consumers with high income level show higher willingness to pay. The consumers' probability of no-payment, paying 10% extra and paying 20% extra decreases by 1%, 47% and 18%, respectively, whereas the probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra increases by 1%, 8%, 8%, 17%, 2%, 2%, 1% and 26%, respectively.

The last variable in the model is occupational groups. Accordingly, there is a positive correlation between the preference of occupations with high income and the willingness to pay extra for halal food products. This fact has also been revealed by the probit analysis results. The probability of consumers with qualified occupations for no-payment, paying 10% extra and paying 20% extra decreases by 1%, 7% and 2%, respectively. On the other hand,

the consumers' probability of paying 30% extra, paying 40% extra, paying 50% extra, paying 60% extra, paying 70% extra, paying 80% extra, paying 90% extra, and paying 100% extra for halal food products increases by 1%, 1%, 2%, 1%, 1%, 1% and 4%, respectively.

4. Conclusions

Halal food is becoming an important issue at a global extent each day, particularly in Islamic countries. Therefore, the studies on halal food are considered important in order to raise awareness and create demand. In this scope, the current study revealed by the probit analysis the factors that are effective in driving individuals to prefer halal food products. Along with the probit analysis, Willingness to Pay (WTP) analysis was performed to determine how much extra consumers are willing to pay for halal food products. According to the analysis results, it was concluded that the willingness to pay for halal food products is significantly and positively correlated with the increase in gender, marital status, income, age, education and occupation of consumers, while being negatively correlated with household size. Furthermore, the marginal effects of the variables were calculated, and it was determined that the consumers' probability of paying extra increased depending on the increase in the level of variables. According to the results of marginal effect analysis, individuals who have higher levels of education, age and income and work particularly in the public sector are more responsive to halal food products and thus are more willing to pay extra for halal food products.

In conclusion, the basic approach in setting the product price is to calculate the cost and add a profit margin. Nevertheless, the cost is not associated with the value perceptions of consumers. As a matter of fact, what is important for consumers is the marginal benefit that they are going to get from the product. Therefore, the prices of some products are intentionally set slightly above their production cost, while such products as halal food where consumers can obtain a large amount of benefit are marketed at prices remarkably higher than the cost. Indeed, the analysis results show that consumers are generally willing to pay extra for halal food products. In this regard, it is important to highlight that the socio-economic characteristics of consumers should be taken into consideration in the establishment of halal food markets and/or bazaars. Because the socio-economic characteristics of consumers are important in making product policy and welfare analysis, and it is an important factor in the formation of consumption expenditure patterns.

Advertising, public spots, price discounts, advantageous packages, gifts, free trials etc. that will ensure the promotion of halal food products along with their socio-economic features. The purchasing behavior of consumers should be directed using marketing tools. As a matter of fact, consumers who buy halal products will consume products that are healthy in terms of food safety and their religious value understanding will increase because they are halal. In addition, with the provision of documents such as warranty and certification for halal food producers, the problem of trust in products will be reduced, and national and international marketing facilities will be provided by creating a brand.

Acknowledgment

The research was carried out with financial support from the Necmettin Erbakan University Scientific Research Projects Coordinator (Project No: 181222008).

References

- Ağızan K. (2018). Tarımsal İşletmelerde Girişimciliği Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya*.
- Ağızan S, Bayramoğlu Z. (2018). *Sulama Sistemlerinin Tercihini Etkileyen Faktörlerin Analizi*. Paper presented at the Uluslararası Su ve Çevre Kongresi SUÇEV. 22-24 Mart 2018, 1083-1088. Bursa.
- Akpınar Ş, Deveci F, Vural R, Bayhan K, Gür F, Oral P. (2014). Ordu'da Gıda Güvenliği. *Ordu Tarım İl Müdürlüğü, Gıda Dergisi* 22(18): 16-23.
- Angulo A M, Gil J M, Tamburo L. (2005). Food safety and consumers' willingness to pay for labelled beef in Spain. *Journal of Food Products Marketing* 11(3): 89-105.
- Anonymous. (2015). The Global Halal Food Market Riding a wave of growth. Retrieved from <https://www.spiresearch.com/wp-content/uploads/2015/04/SpirE-Journal-Q1-2015-The-Global-Halal-Food-Market-Riding-a-wave-of-growth2.pdf> (Accessed Date:15.03.2019)
- Bal H S G, Göktoğla Z G, Karkacier O. (2006). Gıda Güvenliği Konusunda Tüketici Bilincinin İncelenmesi (Tokat İli Örneği). *Tarım Ekonomisi Dergisi* 12(1): 9-18.
- Bayramoğlu Z, Eroğlu O, Ağızan K. (2019). *Tarım İşletmesi Yöneticilerinin Geleceğe Yönelik Beklentilerinin Analizi*. Paper presented at the I.International Science and Academic Congress. 19-20 Nisan 2019, 249-259. Konya.
- Bayramoğlu Z, Karakayacı Z, Candemir S. (2013). *Küçük ve Orta Ölçekli Tarım İşletmelerinde Girişimcilik*. Paper presented at the 7th International Academic Conference. 1-4 September 66-72. Prague, Czech Republic.
- Bayramoğlu Z, Karakayacı Z, Çelik Y, Gündüz O. (2014). *Tarımsal İşletme Tipolojilerine Göre Risk Faktörlerinin Algılanması Ve Risk Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi, Tübitak Projesi, 113K445, 184s*.
- Boyras M, Mutluç S, Güvener A, Dikmen H. (2017). *Müslüman Tüketicilerin Helal Ürün Algısı, Tutum ve Beklentileri Üzerine Bir Araştırma*. Paper presented at the International Halal Tourism Congress. 07-09 Nisan 2017, 143-159. Alanya/Turkey.
- Carson R T. (2000). Contingent valuation: a user's guide. *Environmental Science Technology* 34(8): 1413-1418.
- Çukadar M. (2017). Helal Gıda Konusunda Tüketici Davranışları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 34(3): 190-200.
- Derin N, Mevlüt T. (2016). Helal Gıda Perakendecilerinin, Pazarlamaya Dönük Problemleri ve Çözüm Önerileri. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi* 7(2): 86-98.
- Genç A T, Yardımcıoğlu F. (2017). *Helal Sertifikasının Tüketici Tercihleri Üzerindeki Etkisi: Sakarya İli Örneği*. Paper presented at the I. Uluslararası Ekonomi, Finans ve Ekonometri Öğrenci Sempozyumu. 17-18 Mayıs 2017, 530-544. Sakarya.
- Golnaz R, Zainalabidin M, Mad Nasir S, Eddie Chiew F. (2010). Non-Muslims' awareness of Halal principles and related food products in Malaysia. *International Food Research Journal* 17(3): 667-674.
- Gürdin B. (2017). *Tüketicilerin Helal Gıdalara Bakış Açısı: Aydın İli Örneği*. Paper presented at the Uluslararası Sosyal Araştırmalar Kongresi (USAK'17). 20-22 Nisan 2017, İstanbul.
- Hamdan H, Issa Z M, Abu N, Jusoff K. (2013). Purchasing decisions among Muslim consumers of processed halal food products. *Journal of Food Products Marketing* 19(1): 54-61.
- Holvad T. (2006). *Railway reforms in a European Context*. Paper presented at the second Luxembourgish Symposium "En route to Lisbon", Luxembourg.
- İlce L-I, Savu O, Savu C. (2016). Food Safety Halal Products Versus Ordinary Products With No Religious Provisions. *Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine* 62(2): 100-103.
- Kitayama D, Takanokura M, Ogiya M, Ekran R H S, Ali H M. (2018). *A Study on the Halal Food Supply Chain in Japan from an Inbound Perspective*. Paper presented at the Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. 14-16 March 2018, 959-964. Hong Kong.
- Kızgın Y, Özkan B. (2014). Tüketicilerin helâl gıda tüketim eğilimlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Uluslararası İşletme ve Yönetim Dergisi* 2(1): 18-37.
- Kurtoğlu R, Çiçek B. (2013). Tüketicilerin helâl ürünler hakkındaki algılama, tutum ve beklentilerini tespit etmeye yönelik bir araştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 8(3): 181-205.
- Maalouf N M, Sakhae K, Parks J H, Coe F L, Adams-Huet B, Pak C Y. (2004). Association of urinary pH with body weight in nephrolithiasis. *Kidney international* 65(4): 1422-1425.
- Mahdı Y, Djakeli K. (2014). Halal market for food productions. *Journal of Social Sciences* 3(1): 11-18.
- Memiş S, Cesur Z, Akin Ü. (2018). Tüketicilerin Helal Sertifikalı Mamullere Yöneliminin, Algılanan Risk ve Güven Arayışına Aracılık Etkisi. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi* 4(2): 32-46.
- Miran B. (2002). Temel istatistik. *Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 288s*.
- Mutlu S. (2007). Gıda Güvenirliği Açısından Tüketici Davranışları (Adana Kentsel Kesimde Kırmızı Et Tüketimi Örneği). *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adana*.
- Nayga Jr R M, Poghosyan A, Nichols J P. (2002). *Consumer Willingness to Pay for Irradiated Beef*. Paper presented at the Xth EAAE Congress 'Exploring Diversity in the European Agri-Food System. 28-31 August 2002, p.10. Zaragoza, Spain.

- Newbold P, Carlson W, Thorne B. (2012). *Statistics for Business and Economics: Global Edition*: Pearson Education.
- Nurrachmi R. (2017). The Global Development of Halal Food Industry: A Survey. *Tazkia Islamic Finance and Business Review* 11(1): 39-56.
- Oguz C, Kaya S. (2016). Factors affecting milk production in dairy farming enterprises and effectiveness analysis: A case study in Konya Province of Turkey. *Custos e Agronegocio* 12: 121-136.
- Oguz C, Yener A. (2018). Productivity analysis of dairy cattle farms in Turkey: case study of Konya Province. *Custos e Agronegocio* 14(1): 298-319.
- Oğuz C, Arısoy H. (2002). *Konya Bölgesinde Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinin Geliştirilebilme Olanakları*. Paper presented at the Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi 18-20 Eylül 2002, 63-69. Erzurum.
- Oğuz C, Karakayacı Z. (2017). *Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örnekleme Metodolojisi*. Konya: Atlas Akademi.
- Ortaçşme V, Özkan B, Karagüzel O, Atik M, Akpınar M. (1999). Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkının Ekonomik Değerinin Saptanması. *Tarım Araştırma Projesi (TARP-2152)*, Antalya.
- Özdemir H, Yaylı A. (2014). Tüketicilerin Helâl sertifikalı ürün tercihleri üzerine bir araştırma İstanbul ili örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi* 6(1): 183-202.
- Öztürk A, Sima N, Altunışık R. (2016). Tüketicilerin Helal Tüketim Davranışlarının Belirleyicileri: Planlı Davranış Teorisi Çerçevesinde Bir Araştırma. *International Journal of Islamic Economics and Finance Studies* 1(2): 141-160.
- Soesilowati E. (2010). *Behavior of muslims in consuming halal foods: case of bantenese muslim*. Paper presented at the Materi Presentasi "Sharia Economics Research Day" Seminar, Widya Graha LIPI. 6 July 2010.
- Talay İ, Belkayalı N A N. (2010). Doğal Kaynakların Rekreasyonel ve Turizm Amaçlı Kullanımının Ekonomik Değerinin Tespiti: Göreme Tarihi Milli Parkı Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 8(2): 137-146.
- TDK. (2018). Helal Kavramı. Retrieved from http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=HELAL (Accessed Date:03.04.2019)
- Toklu I T, Ustaahmetoğlu E, Küçük H Ö. (2016). Tüketicilerin coğrafi işaretli ürün algısı ve daha fazla fiyat ödeme isteği: yapısal eşitlik modellemesi yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 23(1): 145-161.
- Torlak Ö. (2012). İslam ülkeleri arasında Helâl ürün pazarlama potansiyeli, problemleri ve çözüm önerileri. *Tüketici ve Tüketim Araştırmaları Dergisi* 4(2): 1-10.
- Torun E, Akpınar O. (2014). Tüketicilerin Satın Alma Eğilimlerini Belirlemeye Demografik Faktörlerin Etkisine Yönelik Bir Araştırma: İzmit Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 11(3): 67-74.
- Türker S. (2018). *Helal ve Sağlıklı Gıda Dersi Ders Notları*: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Wan Hassan W M, Awang K W. (2009). Halal food in New Zealand restaurants: an exploratory study. *International Journal of Economics and Management* 3(2): 385-402.
- Yazıt H, Cinnioğlu H, Demirdelen D. (2017). Restoran Müşterilerinin Helal Gıdaya Yönelik Algılarının Belirlenmesi: Tekirdağ. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 5(2): 3-17.
- Yıldırım R. (2014). *Aydın İlinde Karasu Sorunu ve Zeytinyağı İşletmelerinin Çözümüne Yönelik Tercihlerinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans). Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yılmaz E, Oraman Y, İnan İ H. (2009). Gıda ürünlerine ilişkin tüketici davranışı dinamiklerinin belirlenmesi: "Trakya örneği". *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(1): 1-10.

Türkiye Yaş İncir Üretimi ve Kuru İncir İhracatı için Öngörü: ARIMA Modeli Yaklaşımı

Forecasts for Turkey Fresh Fig Production and Dried Fig Export: ARIMA Model Approach

Veli Anıl ÇAKAN^{1*}


Özet

Türkiye sahip olduğu yaklaşık 10 milyona yakın incir ağacı ve 300.000 ton dolaylarındaki yıllık incir üretimiyle dünyanın en büyük incir üreticisi ve ihracatçısı konumundadır. Bu nedenle yalnızca iç piyasasını değil dünya piyasalarını da etkileyebilme kabiliyeti bulunan Türkiye'nin yaş incir üretimi ve kuru incir ihracat miktarının öngörüsünün yapılması önem taşımaktadır. Çalışmada, Türkiye yaş incir üretimi ve kuru incir ihracat miktarının 2019-2025 yılları için öngörüsünü yapmak amacıyla "Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü" ve "Türkiye İstatistik Kurumu" istatistiklerinden temin edilen; yaş incir üretimi için 1961-2018, kuru incir ihracatı için 1980-2018 yıllarına ilişkin yıllık verilerden yararlanılarak zaman serisi analiz yöntemlerinden ARIMA modeli ile tahmin yapılmıştır. Analiz kapsamında; değişkenlerin durağanlıklarının değerlendirilmesi için ADF birim kök testinden, modelin öngörü gücünü test edilmesi için ortalama mutlak yüzdelik hata ve Theil Eşitsizlik Katsayısı'ndan yararlanılmıştır. Pek çok kriter göz önünde bulundurularak; hem yaş incir üretimi hem de kuru incir ihracat miktarı için en uygun model ARIMA(2,1,2) olarak belirlenmiştir. Öngörü sonuçlarına göre; yaş incir üretiminin 2020 ve 2022 yılları dışında artış eğilimi göstererek 2025 yılında 317.000 ton seviyelerine ulaşacağı, kuru incir ihracat miktarının ise her yıl artarak artış eğilimi göstererek 2025 yılında 2018 yılına göre %19 oranında artışla 97.000 ton düzeyine ulaşacağı tahmin edilmiştir. Kuru incir üretimi için 2.9 kg taze incir gerektiği varsayımı altında her iki seri için yapılan tahmin göz önünde bulundurulduğunda, üretilecek incirin; 2019 yılında %74.17'sinin, 2022 yılında %80.10'unun ve 2025 yılında %86.05'inin kuru incir olarak ihraç edileceği ifade edilebilir. Bu oranın 1980 yılında %46.08, 2000 yılında %52.03 ve 2010 yılında %66.28 olduğu düşünüldüğünde; tahmin edilen yıllarda üretilen incirlerin önceki yıllara göre çok daha yüksek oranda kuru incir olarak ihraç edileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İncir, Kuru incir, ARIMA, Tahmin, Box-Jenkins

Abstract

Turkey is the biggest fig producer and exporter of the world with its nearly 10 million fig tree and nearly 300,000 of fig producing annually. Therefore it is important to make foresight about fresh fig producing and quantity of dried fig export for Turkey, which has ability to affect not only domestic market but also world market. In the study, in order to make the predictions of the export quantities of dried figs and production quantities of fresh figs for the years between 2019-2025 for Turkey; using the annual data of 1961-2018 for fresh fig production and 1980-2018 for dried fig export, obtained from the statistics of "Food and Agriculture Organization of the United Nations" and "Turkish Statistical Institute", estimation was made with ARIMA model which is one of the time series analysis methods. Within the scope of the analysis; Dickey-Fuller unit root test was used to evaluate the stability of the variables, and the mean absolute percentage error and Theil's Inequality Coefficient was used to test the predictive power of the model. Considering many criteria, the most suitable model for both fresh fig

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Veli Anıl Çakan, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa. E-mail: velianilcakan@uludag.edu.tr  OrcID: 0000-0002-5934-2203

Atıf/Citation: Çakan, V. A. Türkiye Yaş İncir Üretimi ve Kuru İncir İhracatı için Öngörü: ARIMA Modeli Yaklaşımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 357-368.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

production and dried fig export amount has been determined as ARIMA (2,1,2). According to the results of foresight; it is estimated that fig production will increase to 317.000 tons in 2025 with an increasing trend outside of 2020 and 2022, and the amount of dried figs will increase to 97.000 tons with an increase of 19% in 2025 compared to 2018. Under the assumption that 2.9 kg of fresh figs are required for the production of 1 kg of dried figs, considering the estimation made for both series in this research; it can be stated that 74.17% of the figs to be produced in 2019, 80.10% of the figs to be produced in 2022 and 86.05% of the figs to be produced in 2025 will be exported as dried figs. Considering that this rate was 46.08% in 1980, 52.03% in 2000 and 66.28% in 2010; it can be concluded that the figs to be produced in the estimated years will be exported as a dried fig at a much higher rate than the previous years.

Keywords: Fig, Dried fig, ARIMA, Forecast, Box-Jenkins

1. Giriş

Akdeniz ülkelerinde yetiştirilen önemli meyve türlerinden biri olan incir (*Ficus Carica L.*), iklim ve ekolojik istekleri nedeniyle az sayıda ülkede üretilebilmektedir (Anonim, 2019). Anadolu, birçok kaynaktan incirin anavatanı kabul edilmekte ve incir çeşitlerinin Anadolu'dan Akdeniz, Ortadoğu ve Güney Kafkasya'ya yayıldığı düşünülmektedir (Condit, 1947; Polat ve Özkaya, 2005). Pek çok kültürde kutsal olarak değerlendirilen incir; toplumlar için varlık, yaşam, güç ve verimlilik gibi simgeleri çağrıştırmaktadır (Koçak, 2011). Anavatanı olan Anadolu coğrafyasında da incirin köklü bir kültüre sahip olduğu, Egeli Herodot tarafından M.Ö. 484 yılında kaleme alınan İlekleme ve İlek sineği hakkında yazılmış esere bakılarak anlaşılmaktadır (Ülkümen ve ark., 1948).

Köklü kültürü ve uygun iklim koşullarına sahip olması sayesinde Türkiye, dünyadaki toplam üretimin yaklaşık %25'ini gerçekleştiren en büyük incir üreticisi konumundadır. FAO verilerine göre 2017 yılında Türkiye'de 305.689 ton yaş incir üretilmekteyken bunu sırasıyla 177.135 ton ile Mısır, 137.934 ton ile Fas takip etmektedir. Dünyanın en büyük 10 incir üreticisinin yıllara göre üretim miktarına Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1. 2015-2017 Dönemi Dünya Yaş İncir Üretimi

Table 1. Worldwide Fresh Fig Production Values Between 2015-2017

Ülkeler	Yıllar		2016		2015	
	2017	%	Üretim (Ton)	%	Üretim (Ton)	%
Türkiye	305.689	26.52	305.450	28.25	300.600	25.66
Mısır	177.135	15.37	183.794	17.00	172.474	14.72
Fas	137.934	11.97	59.881	5.54	150.111	12.82
Cezayir	128.684	11.16	120.348	11.13	139.137	11.88
İran	70.730	6.14	69.914	6.47	71.426	6.10
Suriye	43.084	3.74	43.091	3.98	41.725	3.56
İspanya	36.380	3.16	45.718	4.23	26.479	2.26
ABD	28.300	2.45	29.660	2.74	28.760	2.46
Brezilya	25.883	2.25	26.910	2.49	29.071	2.48
Tunus	22.529	1.95	22.500	2.08	30.000	2.56
Diğer	176.451	15.31	174.139	16.10	181.557	15.50
Toplam	1.152.799	100	1.081.405	100	1.171.340	100

Kaynak: Anonim, 2020a.

Rakip incir çeşitlerine göre raf ömrü daha uzun olan Bursa Siyahı ve kurutulmuş raf ömrü uzatılabilen Sarılop gibi çeşitlerin Türkiye incir üretiminin büyük bölümünü oluşturması, Türk incirine önemli ihracat avantajları kazandırmaktadır (Türk, 1988). Potansiyelini tam olarak karşılamaktan uzak olsa da taze incir ihracatında zaman içerisinde önemli bir konum elde eden Türkiye, 1980'li yıllarda 150 ton taze incir ihracatı yapabilirken bu rakam 2000'li yıllarda yıllık 6 bin ton 2010'lu yıllarda ise yıllık 10 bin tonu aşmıştır (Anonim, 2020a). Kurutmalık incir çeşitleri; sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar koşulları gibi üretim üzerinde etkili faktörler konusunda yaş incir çeşitlerine göre daha hassas ve talepkardır. Bu nedenle kurutmalık incir genellikle Küçük Menderes ve Büyük Menderes yöreleri gibi uygun iklim koşullarına sahip sınırlı alanlarda ekonomik kazanç getirebilecek bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Kuru incirde ihracat rakamlarına bakıldığında ise her yıl üretilen incirin önemli bir bölümünün kurutulmuş ihraç edildiği, bu yolla Türkiye'ye milyonlarca dolarlık döviz girişi sağlandığı ifade edilebilir (Çobanoğlu ve ark., 2005).

Ülkeler itibari ile kuru incir ihracat miktarları incelendiğinde; ticaretin yaklaşık yarısının Fransa, Almanya, İtalya ve İngiltere gibi Avrupa ülkelerine yapıldığı, bunu ABD, Rusya ve İsrail'in takip ettiği görülebilir. İncir meyvesi kuru ve taze olarak değerinin yanı sıra çeşitli işlemlerden geçirilerek; reçel, marmelat, lokum, pekmez, dondurma gibi ürünler olarak satılabilmesiyle ticari değer yaratabilmektedir (Çalışkan, 2012).

Türkiye içerisinde farklı yönleriyle ön plana çıkan pek çok incir çeşidini barındırmaktadır. Kurutmalık tüketim için ideal özelliklere sahip olan "Sarılop", bu çeşitler arasında en çok kullanılanıdır. Ege bölgesinde yer alan incir çeşitlerinin %99'unun Sarılop olduğu tahmin edilmektedir (Aksoy, 1995). Taze incir üretimi ise büyük ölçüde Bursa, İçel (Mut) ve Manisa (Salihli) bölgelerinde gerçekleştirilmektedir (Polat, 2017). Bursa Siyah İnciri; boyutu

ve sert kabuklu yapısıyla taze tüketim için en ideal incir çeşitleri arasında yer almaktadır (Turhan ve ark., 2013; Uzundumlu ve ark., 2018).

Tablo 2. Türkiye'nin Başlıca İncir Üreticisi İllerinde; Üretim, Meyve Veren Ağaç Sayısı ve Verim (2018)

Table 2. Production, Number of Fruit Trees and Productivity in the Main Fig Producer Provinces of Turkey (2018)

İller	Meyve Veren İncir Ağaçları		İncir Üretimi		Verim (kg ağaç ⁻¹)
	Sayısı (Adet)	%	Ton	%	
Aydın	6.420.240	64.65	186.346	60.80	29
İzmir	1.622.923	16.34	45.652	14.89	28
Mersin	348.750	3.51	26.385	8.61	76
Bursa	118.493	1.19	7.693	2.51	65
Hatay	130.805	1.32	3.756	1.23	29
Antalya	80.074	0.81	3.034	0.99	38
Balıkesir	66.375	0.67	2.356	0.77	35
Çanakkale	53.380	0.54	2.187	0.71	41
Manisa	78.769	0.79	2.148	0.70	27
Adana	72.140	0.73	2.109	0.69	29
Diğer	938.329	9.45	24.833	8.10	23
Toplam	9.930.278	100	306.499	100	31

Kaynak: Anonim, 2020b.

2018 yılında ilişkin verilere bakıldığında, Aydın ili sahip olduğu 6.4 milyon meyve veren ağaç ve 186 bin tonluk üretim ile ülkenin en büyük incir üreticisi konumundadır (Tablo 2). Bunu sırasıyla 1.6 milyon meyve veren ağaç varlığı ve 45 bin tonluk üretim ile İzmir, 348 bin meyve veren ağaç ve 26 bin tonluk üretim ile Bursa ve 118 bin meyve veren ağaç ve 7 bin tonluk üretim ile Hatay takip etmektedir. Verimlilik boyutuna bakıldığında Bursa'nın 76 kg ağaç⁻¹ ile birinci sırada yer aldığı, Mersin'in 65 kg ağaç⁻¹ ile ikinci sırada yer aldığı söylenebilir.

Çalışmada Türkiye'nin gelecek yıllardaki yaş incir üretim miktarı ve kuru incir ihracat miktarının öngörülmesi amaçlanmış, bu bağlamda zaman serisi analiz yöntemlerinden ARIMA modelinden yararlanılmıştır. Dünyanın en büyük üreticisi konumunda yer alan Türkiye'nin yaş incir üretimi ve kuru incir ihracatında meydana gelecek değişimler dünya piyasalarını da etkileyecek düzeydedir. Bu nedenle yapılan çalışmanın hem yerli hem de yabancı incir piyasası paydaşları tarafından gelecek planlamaları yaparken kullanılabileceği düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) istatistiklerinden elde edilen yaş incir üretim ve kuru incir ihracat verileri oluşturmaktadır. Yaş incir üretim öngörüsü için 1961-2018 yıllarına ait verilerden yararlanılırken, kuru incir ihracat öngörüsünde 1980-2018 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Ulusal ve uluslararası yayınlar ve raporlar ise çalışmada yardımcı materyal olarak kullanılmıştır. Verilerin analizinde Eviews 10 paket programından yararlanılmıştır.

İncir üretimi ve ihracat miktarı gibi belirli aralıklarla gözlemlenen zaman serileri kesikli zaman serileri olarak tanımlanır. Bu tip serilerde mevcut veri seti kullanılarak geleceğe yönelik tahmin yapmak amacıyla 1926 yılında Yule tarafından tanımlanan otoregresif (AR) model ve Slutsky tarafından 1937 yılında tanımlanan hareketli ortalamalar (MA) modeli kullanılmaktadır. Otoregresif model ve Hareketli ortalamalar modellerinin birlikte kullanılmasıyla ARMA modeli ortaya çıkmaktadır. Genellikle ARMA(p,q) modelleri;

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad (\text{Eş. 1})$$

şeklinde formüle edilmektedir (Güney, 2009). Eşitlik 1'de yer alan; " $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ " AR modelinin tahmin edilecek parametrelerini, " $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ " ise MA modelinin tahmin edilecek parametrelerini sembolize eder. "p", AR modelinin derecesini, "q" MA modelinin derecesini ve " A_t " sıfır ortalamalı sabit varyanslı beyaz gürültü sürecini ifade eder. En yaygın ARMA modeli tabanlı tahmin yöntemi aşağıdaki adımların takibini içeren Box-Jenkins yaklaşımıdır (Newton, 1988; Tang ve ark., 1991);

- i. Modelin Tanımlanması
- ii. Parametrelerin Tahmini
- iii. Alternatif modellerin gözden geçirilmesi
- iv. Seçilen modellere göre tahmin sonuçlarının elde edilmesi

Adımlar takip edilirken göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerden biri tahminden sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için gerekli olan serilerin durağan olması varsayımdır. Durağanlığın sınanması amacıyla Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilmiş olan birim kök testlerinden ADF testinden yararlanılabilir. Tarımsal üretim verileri gibi trend ve mevsimsellik içerebilen veriler durağan olmayabilir. Bu durumda veri seti durağan hale gelene kadar d sayıda fark alınarak ARIMA(p,d,q) modeli elde edilmektedir (Özer ve İlkdoğan, 2013). Modelde p, otoregresyon parametresinin derecesini; d fark alma işleminin derecesini; q ise hareketli ortalama parametresinin derecesini temsil etmektedir. ARIMA modelleri yardımıyla elde edilen öngörülerin başarı düzeylerini nicel olarak ölçmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Çalışmada bu yöntemlerden ortalama mutlak yüzdelik hata (MAPE) ve Theil Eşitsizlik Katsayısı'ndan (Theil's U) yararlanılmıştır. Theil's U; Eşitlik 2'de bulunan formülden yararlanılarak elde edilebilir;

$$U = \sqrt{\frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (e_t)^2}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_{ta}^t)^2}} \quad (\text{Eş. 2})$$

U: Theil eşitsizlik katsayısı

e_t : t zamanında tahminlerin hatası

Y_{ta} : Gözlenen değer

T: Periyot sayısı

Theil eşitsizlik katsayısı sıfır ile bir aralığında değer alabilmektedir ve değer 0,50'den yüksek çıkması durumunda öngörünün sağlıklı olmadığı yorumu yapılmaktadır (Wong ve ark., 2005). MAPE ise Eşitlik 3'deki gibi formüle edilebilir;

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100 \quad (\text{Eş. 3})$$

A_t : Gözlenen değer

F_t : Beklenen değer

n: Tahmin yapılan dönem sayısı

MAPE değeri azaldıkça, tahminin doğruluğu artacağı için değer 0,50'den düşük olması beklenmektedir (Liu ve ark., 2013). MAPE değerinin kabul edilebilir üst limiti hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Araştırmacıların bir kısmı değer 10'dan düşük veya eşit olması gerektiğini ifade ederken; değer 10-50 aralığında olabileceğini belirten çalışmalarda mevcuttur (Lewis, 1982; Nugroho ve Simanjuntak, 2014; Özer ve İlkdoğan, 2013; Wong ve ark., 2005).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

ARMA modeli yardımıyla geleceğe yönelik tahmin gerçekleştirilirken sağlıklı sonuçlar alabilmek için serilerin durağan olması gerekmektedir. Zaman serileri yıllık verilere sahip olsa bile periyodik ilişkiler barındırabildiği için mevsimsel dalgalanmalar içerebilir ve bu durum serinin durağanlığını engelleyebilir (Çelik, 2013). Durağanlığın sınanması için ADF birim kök testi yapılmıştır (Tablo 3). Serilerin düzey değerlerinin durağan olmaması nedeniyle bir fark alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen serilerin %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi Sonuçları

Table 3. Dickey-Fuller (ADF) Unit Root Test Results

Değişkenler	ADF Birim Kök Testi Sonuçları (Sabit+Trend)	
	Testin Kritik Değerleri	ADF Test İstatistiği
Yaş İncir Üretimi (Düzey)	%1 (-4.127338)	-2.190066
	%5 (-3.490662)	
	%10 (-3.173943)	
Yaş İncir Üretimi (1. Sıra Farkı)	%1 (-4.130526)	-7.317619***
	%5 (-3.492149)	
	%10 (-3.174802)	
Kuru İncir İhracatı (Düzey)	%1 (-4.219126)	-3.099606
	%5 (-3.533083)	
	%10 (-3.198312)	
Kuru İncir İhracatı (1. Sıra Farkı)	%1(-4.273277)	-4.356503***
	%5(-3.557759)	
	%10(-3.212361)	

t-istatistik değerlerine; $P < 0.01$ ise ***, $0.01 < P < 0.05$ ise **, $0.05 < P < 0.1$ ise * konulmuştur.

Fark alma işleminin ardından elde edilen serinin otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) grafiklerine göz atılmış; gecikme sayısı arttıkça grafikteki ilişkilerin yavaş yavaş azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, uygun modelin ARIMA olduğunu göstermektedir (Çiçekgil ve Yazıcı, 2016).

ARIMA(p,d,q) modeli için uygun p,d ve q değerlerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken birçok kriter bulunmaktadır. Bu kriterler; tahmin edilen parametrelerin anlamlı olması, F istatistik anlamlılığı, AIC ve SIC bilgi kriterlerinin alternatif modellere göre küçük olması şeklinde özetlenebilir.

Yaş incir üretim serisi için AIC ve SIC bilgi kriterleri dışında diğer kriterlere uyan modeller belirlenmiş ve Tablo 4’de modellere yer verilmiştir.

Tablo 4. Yaş İncir Üretim Serisi için En Uygun ARIMA Modelinin Belirlenmesi

Table 4. Determination of the Most Suitable ARIMA Model for Fresh Fig Production Quantity

MODEL	AIC	SIC
ARIMA(1,1,1)	23.09017	23.23354
ARIMA(2,1,2)	22.98421	23.16670
ARIMA(0,1,2)	23.08471	23.19224

Bu doğrultuda yapılan denemeler sonucunda en uygun modelin ARIMA(2,1,2) olduğuna karar verilmiş, parametre tahmin sonuçlarına Tablo 5’de yer verilmiştir.

Tablo 5. Yaş İncir Üretim Miktarı için Hazırlanan ARIMA(2,1,2) Modeline İlişkin Değerler

Table 5. Values for ARIMA(2,1,2) Model Prepared for Fresh Fig Production Series

Değişkenler	Katsayı	Standart hata	t-istatistik
C	1383.856	548.9767	2.520792**
AR(1)	-1.590605	0.103391	-15.38444***
AR(2)	-0.718837	0.102625	-7.004494***
MA(1)	1.979673	0.043124	45.90641***
MA(2)	0.999621	0.037528	26.63681***
	Değer		Değer
R ² Değeri	0.28	Theil’s U	0.1796
F-istatistik (p-değeri)	0.002163	MAPE	13.06
Akaike Bilgi Kriteri	22.98421	Shwarz Bilgi Kriteri	23.16670

t-istatistik değerlerine; $P < 0.01$ ise ***, $0.01 < P < 0.05$ ise **, $0.05 < P < 0.1$ ise * konulmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde, tüm parametrelerin ve F istatistiğinin 0.05 ($p < 0.05$) önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Modelin otokorelasyon sorunu barındırma ihtimaline karşın Breusch-Godfrey LM testi yapılmış, 1. gecikmeden 12. gecikmeye kadar yapılan denemelerde %5 düzeyinde otokorelasyon sorunuyla karşılaşmamıştır. Modelin öngörü gücüne ilişkin testlerden olan Theil's U değeri 0.26 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.50'nin altında olmasından yola çıkarak, modelin öngörü yapmaya uygun olduğu söylenebilir. Ortalama mutlak yüzdelik hata (MAPE) istatistiği %13.06 olarak hesaplanmıştır. Bu değer kabul edilebilir limitler içerisinde yer aldığı için, modelin tahmin edilebilir olduğu ifade edilebilir. Şekil 1'de yaş incir üretim serisi için hazırlanan modelin artık değerlerine ait grafiğe yer verilmiştir.

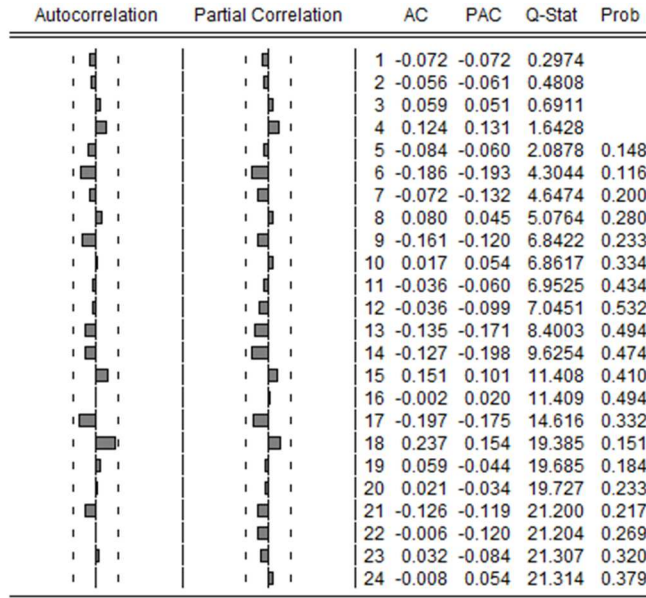


Figure 1. ACF and PACF Distributions of the Residuals Belong to the Model Prepared for Fresh Fig Production Series

Şekil 1. Yaş İncir Üretim Serisi için Hazırlanan Modele Ait Artıkların ACF ve PACF Dağılımları

Şekil 1. incelendiğinde artıkların sınırlar içerisinde kaldığı görülebilir. Artıkların genel olarak sınırlar içerisinde yer alması, modelin seri için uygun olduğunun göstergesidir (Çelik, 2015).

Yaş incir üretim serisi için uygun model oluşturulduktan sonra kuru incir ihracat serisi için model oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen denemeler sonucunda parametrelerin anlamlılığı ve F istatistik anlamlılığı koşulunu sağlayan modellerin ARIMA(0,1,1) ve ARIMA(2,1,2) olduğu belirlenmiştir. ARIMA(2,1,2) modelinin AIC ve SIC değerleri daha düşük olduğu için bu model tercih edilmiştir. Parametre tahmin sonuçlarına Tablo 6'da yer verilmiştir.

Tablo 6. Kuru İncir İhracat Miktarı için Hazırlanan ARIMA(2,1,2) Modeline İlişkin Değerler

Table 6. Values for ARIMA(2,1,2) Model Prepared for Dried Fig Export Quantity Series

Değişkenler	Katsayı	Standart hata	t-istatistik
C	2835.521	1818.902	1.558919
AR(1)	1.285322	0.156511	8.212335***
AR(2)	-0.339659	0.164926	-2.059463**
MA(1)	-1.883386	0.023131	-81.42127***
MA(2)	0.890231	0.021862	40.72019***
	Değer		Değer
R ² Değeri	0.31	Theil's U	0.1528
F-istatistik (p-değeri)	0.012963	MAPE	12.95
Akaike Bilgi Kriteri	20.59017	Shwarz Bilgi Kriteri	20.80786

t-istatistik değerlerine; $P < 0.01$ ise ***, $0.01 < P < 0.05$ ise **, $0.05 < P < 0.1$ ise * konulmuştur.

Sonuçlara bakıldığında sabit değişken dışındaki tüm parametrelerin ve F istatistiğinin 0.05 ($p < 0.05$) önem düzeyinde anlamlı olduğu gözlemlenebilir. Modelin otokorelasyon sorunu barındırma ihtimaline karşın Breusch-Godfrey LM testi yapılmış, 1. gecikme dereceden 12. gecikme derecesine kadar gecikmeler incelenmiş, %5 düzeyinde otokorelasyon sorunuyla karşılaşmamıştır. Modelin öngörü gücünün test edilmesi için ortalama mutlak yüzdelik hata (MAPE) ve Theil eşitsizlik katsayısı hesaplanmıştır. MAPE istatistiği %12.95 olarak ölçülmüş, kabul edilebilir limitler arasında yer aldığı için modelin tahmin edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Theil's U değeri ise 0.152817 olarak hesaplanmıştır. Değerin 0.50'nin altında kalması, modelin öngörü yapmaya uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 2'de kuru incir ihracat serisi için hazırlanan modelin artık değerlerine ait grafiğe yer verilmiştir.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.021	0.021	0.0172	
		2	-0.094	-0.094	0.3787	
		3	-0.116	-0.113	0.9542	
		4	0.014	0.009	0.9623	
		5	-0.178	-0.204	2.3836	0.123
		6	-0.113	-0.126	2.9729	0.226
		7	0.102	0.072	3.4711	0.325
		8	-0.061	-0.146	3.6577	0.454
		9	-0.050	-0.066	3.7857	0.581
		10	-0.000	-0.033	3.7857	0.706
		11	-0.087	-0.200	4.2027	0.756
		12	-0.036	-0.048	4.2777	0.831
		13	-0.019	-0.087	4.2990	0.891
		14	-0.013	-0.158	4.3102	0.932
		15	0.009	-0.035	4.3156	0.960
		16	0.047	-0.073	4.4673	0.973
		17	-0.005	-0.142	4.4694	0.985
		18	0.054	0.024	4.6897	0.990
		19	0.084	-0.019	5.2508	0.990
		20	0.019	-0.063	5.2815	0.994
		21	-0.148	-0.162	7.2458	0.980
		22	0.131	0.078	8.8944	0.962
		23	-0.117	-0.238	10.306	0.945
		24	0.019	0.005	10.345	0.961

Figure 2. ACF and PACF Distributions of the Residuals Belong to the Model Prepared for Dried Fig Export Quantity Series

Şekil 2. Kuru İncir İhracat Miktarı Serisi için Hazırlanan Modele Ait Artıkların ACF ve PACF dağılımları

Şekil 2'ye bakıldığında, artıkların üretim serisinde olduğu gibi genel olarak sınırlar içerisinde kaldığı görülmüş, böylece modelin uygunluğu teyit edilmiştir. Oluşturulan modeller yardımıyla 2019-2025 yılları için yaş incir üretim miktarı ve kuru incir ihracat miktarı öngörülere yapılmış, sonuçlara Tablo 7 ve Şekil 3'de yer verilmiştir.

Tablo 7. Modellerin 2019-2025 Yılları için Öngörülere

Table 7. Forecasts for 2019-2025 According to Models

Yıllar	Yaş İncir Üretim Miktarı Öngörüsü (Ton)	Kuru İncir İhracat Miktarı Öngörüsü (Ton)
2019	309.678,876	79.209,3374
2020	308.678,086	81.144,7204
2021	312.563,926	83.529,1464
2022	311.682,2868	86.090,6054
2023	314.871,1318	88.727,0864
2024	315.012,4861	91.399,8644
2025	317.075,1781	94.093,8134

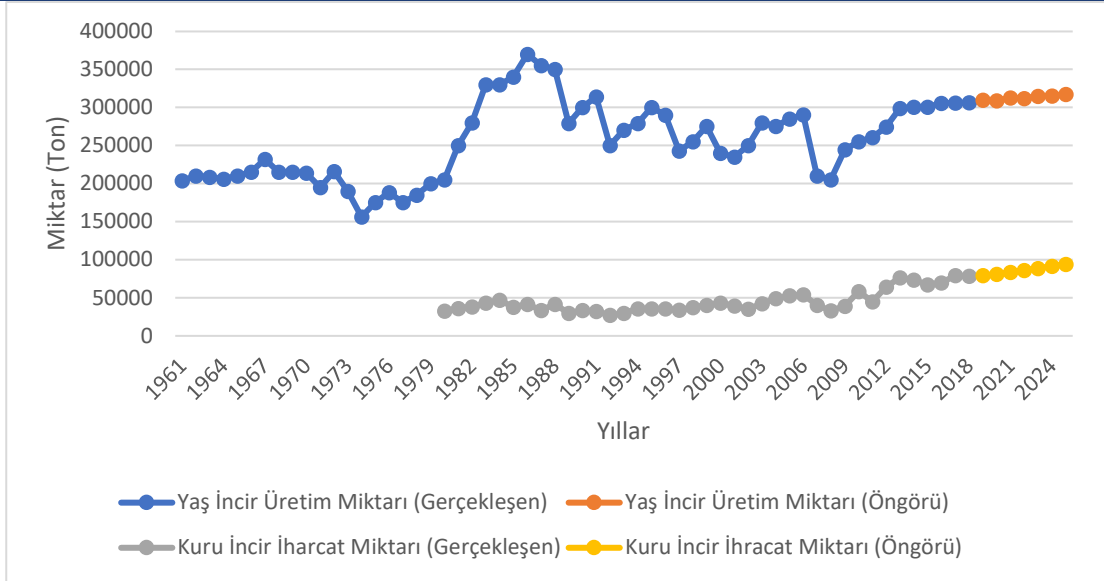


Figure 3. Realized and Estimated Values of Fresh Fig Production and Dried Fig Export Quantity Between 1961-2025

Şekil 3. 1961-2025 Yılları Arasında Gerçekleşen ve Tahmin Edilen Yaş İncir Üretimi ve Kuru İncir İhracat Miktarı

Tahmin sonuçlarına bakıldığında 2019-2025 arası dönemde hem yaş incir üretim miktarında hem de kuru incir ihracat miktarında, 2018 yılına göre artış eğilimi görülmektedir. Yaş incir üretimi için hazırlanan modele göre 2018 yılında 306.499 ton olan üretimin 2019 yılında %1.04 oranında artışla 309.678 ton olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. 2020-2022 yılları arasında yaş incir üretiminin dalgalı bir seyir izleyeceği beklense de, 2023 yılından itibaren üretimin giderek artarak 2025 yılında 317 bin ton düzeyine ulaşacağı öngörülmektedir. Kuru incir ihracat miktarı için hazırlanan öngörü modeli sonuçları ise üretimin her geçen yıl artarak artacağını ve 2025 yılında 94 bin ton düzeyine ulaşacağını göstermiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada zaman serisi analiz yöntemlerinden ARIMA modeli yardımıyla Türkiye yaş incir üretiminin ve kuru incir ihracat miktarının 2019-2025 yılları arasında öngörüsünü yapmak amaçlanmıştır. Uygun modellerin belirlenmesi için her iki değişkende de 4 gecikmeye kadar tüm AR(p) ve MA(q) derecelerini içeren olasılıklar değerlendirilerek; hem yaş incir üretimi hem de kuru incir ihracat miktarı serileri için ARIMA(2,1,2) modelinde karar kılınmıştır.

Tahmin sonuçlarına göre yaş incir üretiminde 2019 yılında bir önceki yıla göre %1.04 oranında artış beklenmekte, 2020 ve 2022 yıllarında kendilerinden bir önceki yıla göre daha az üretim gerçekleşse de üretim rakamları 2018 yılı ve önceki yıllar seviyesine inmemektedir. 2023 yılından itibaren üretim miktarı her yıl bir önceki yıla göre artmakta ve 2025 yılına gelindiğinde 2018 yılına göre %3.45 oranında üretim artışı beklenmektedir. İncirin bir bahçe bitkisi olması dolayısıyla diğer ülkelerde birkaç sene içerisinde ciddi üretim artışları gerçekleşmeyeceği düşünülerek Türkiye'nin, öngörü yapılan yıllarda lider üretici konumunu koruyacağı ifade edilebilir.

Kuru incir ihracatı için yapılan tahmin sonuçlarına bakıldığında; 2019 yılında bir önceki yıla göre %0.96 oranında artış beklenmekte, ilerleyen yıllarda ise artış oranının artarak artmaya devam etmesi öngörülmektedir. 2025 yılına gelindiğinde kuru incir ihracat miktarının 2018 yılına göre %19.94 oranında artış göstererek 94.093 ton düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalara göre kurutulmuş incir üretiminin yapıldığı Aydın ve İzmir yörelerinde ağaç başına kuru incir verimi 10 kilogramdır (Çobanoğlu, 2004; Sağdemir, 1988). Yöredeki ağaçların ortalama 29 kilo yaş incir verimine sahip olduğu göz önünde bulundurularak; kuru incir ihracat miktarı verileri 2.9 ile çarpılarak toplam üretimin yüzde kaçının kuru incir ihracatı için kullanıldığı hakkında fikir sahibi olunabilir. Tanımlanan varsayım altında her iki seri için yapılan tahmin göz önünde bulundurularak üretilen incirin; 2019 yılında %74.17'sinin, 2020 yılında %76.23'ünün, 2021 yılında %77.49'unun, 2022 yılında %80.10'unun, 2023 yılında %81.71'inin, 2024 yılında %84.14'ünün ve 2025 yılında %86.05'inin kurutulmuş olarak ihraç edileceği ifade edilebilir. Çalışmada yaş incir ihracatına ait öngörü modeli hazırlanmadığı için toplam incir ihracatına ilişkin bir oran

oluşturulamamıştır. Bu durumun temel nedeni veri seti oluşturulurken yararlanılan temel kaynak olan FAO'nun, 2013 yılından itibaren Türkiye yaş incir ihracat verilerini yayınlamayı kesmiş olmasıdır. Ancak elde bulunan kuru incir ihracat miktarı öngörüsünün de, belirli yorumlar yapmak için yeterli olduğu düşünülmektedir.

Üretilen incirin kuru incir olarak ihraç edilme oranının 2018 yılında %74.22, 2000 yılında %52.03 ve 1980 yılında %46.08 olduğu göz önünde bulundurulduğunda; tahmin edilen yıllarda üretilen incirlerin, önceki yıllara göre çok daha yüksek oranda kuru incir olarak ihraç edileceği ifade edilebilir. İhracat miktarında öngörülen yükseliş; üreticiler ve ihracatçı firmalar gibi pek çok kesimin kazancını arttırabileceği gibi döviz girişi sağlamasıyla cari açık gibi makro ekonomik göstergeler üzerinde de olumlu etkiler yaratabilir. Ancak unutulmamalıdır ki ihracat miktarındaki artış her zaman için reel ihracat gelirinde artış anlamına gelmeyebilir. Zaman zaman piyasalara yüksek miktarda ürün arzı gerçekleşmesi veya ihraç edilen ürünün istenen kalitede olmayışı, ihracat miktarı artarken gelirinin artmamasına sebebiyet verebilir. Bu ihtimalin en aza indirilebilmesi için üreticilerin ürünlerini uzmanlar tarafından tavsiye edilen şekillerde üretmeleri ve kurutmaları; incir işleme tesislerinin var olan ürünlerin kalitelerini artırıcı eylemler gerçekleştirirken tüketicilerin istek ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak yeni incir ürünleri geliştirmeleri, ihracatçıların ise halihazırda satış yaptıkları pazarları korurken yeni pazarlara açılmaları faydalı olabilir. FAO verilerine göre 2000-2017 yılları arasında gerçekleştirilen kuru incir ithalatının %30'u dünyanın en büyük incir ithalatçıları arasında yer alan Almanya, Fransa ve ABD tarafından gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen üç pazarın kuru incir ihracatının neredeyse tamamını gerçekleştiren Türkiye; İtalya, Vietnam ve İngiltere gibi diğer önemli pazarlarında en büyük ihracatçısı konumundadır (Anonim, 2019). Türkiye'nin bu haliyle tüm dünya pazarına hakim olduğu düşünülse de FAO verileri ile ticaret bakanlığı verileri karşılaştırıldığında; Hindistan'ın yüksek ithalat rakamlarına sahip olmasına rağmen Türkiye'nin bu pazarda etkin olmadığı görülebilir. 2017 yılı verilerine göre Hindistan'a yapılan yıllık 12 bin ton civarındaki incir ihracatının neredeyse tamamı Afganistan tarafından gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2018). Türkiye'nin, 2000-2017 yılları arasında incir ithalatını 10 kat arttırarak dünyanın en büyük kuru incir ithalatçısı konumuna ulaşan Hindistan pazarına açılması gerektiği düşünülmektedir. İhracat fiyatları incelendiğinde AB ülkelerinin kg kuru incir için Hindistan'a göre yaklaşık 0.5 dolar daha fazla ödeme yaptığı görülebilir (Anonim, 2020c). Bu nedenle Hindistan'a yapılacak olası bir ihracat mantıksız gözüktüğüde, AB'ye ihraç edilemeyen kuru incirler için büyük tüketim kapasitesine sahip Hindistan pazarının değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Öte yandan tahmin yapılan yıllarda üretilen incirin böylesi büyük bir miktarının ihraç edilmesi iç pazarda fiyat artışlarına ve ürün kıtlığına neden olabilir. İncir içeriğinde barındırdığı; kanser önleyici antioksidan özelliğe sahip polifenoller, C vitamini ve yüksek enerji değerleri sayesinde insan sağlığı ve dengeli beslenmede önemli bir konuma sahiptir (Duman ve Yazıcı, 2018). Bu nedenle uygun fiyatlı ve kaliteli incirin iç piyasada bulunabilmesi için üretimi artırıcı politikalar geliştirilmelidir.

Kaynakça

- Aksoy, U. (1995). Present Status and Future Prospects of Underutilized Fruit Production in Turkey. *Cahiers Options Mediterraneennes*, (13), 97-107.
- Anonim (2020a). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, (Erişim:05.01.2020)
- Anonim (2020b). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim: 05.01.2020)
- Anonim. (2020c). Ege İhracatçı Birlikleri Kuru Meyve Yıllık/Sezonluk ve Haftalık Raporları. <http://www.eib.org.tr/default.asp> Erişim: 24.05.2020
- Anonim. (2019). 2018 Yılı Kuru İncir Raporu. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Esnaf, Sanatkarlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. (2018). Afghanistan's National Export Strategy 2018-2022 Dried Fruits and Nuts Sector. The International Trade Centre (ITC), Geneva, Switzerland.
- Condit, I. J. (1947). The Fig. Waltham, Mass., Chronica Botanica, USA.
- Çalışkan, O. (2012). Türkiye'de Sofralık İncir Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu ve Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 71-87.
- Çelik, Ş. (2013). Sert Kabuklu Meyvelerin Üretim Miktarının Box-Jenkins Tekniği ile Modellenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(1), 18-30.
- Çelik, Ş. (2015). Türkiye'de bal üretiminin zaman serileri ile modellenmesi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 19(3), 377-382.
- Çiçekgil, Z., Yazıcı, E. (2016). Türkiye'de Tavuk Yumurtası Mevcut Durumu ve Üretim Öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 26-34.
- Çobanoğlu, F., Armağan, G., Kocataş, H., Şahin, B., Ertan, B., Özen, M. (2005). Aydın İlinde İncir Üretiminin Önemi ve Kuru İncir Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 35-42.
- Çobanoğlu, F. (2004). Türkiye ve Avrupa Birliği (AB) Arasındaki Tarım Ürünleri Ticaretinin Gelişimi, Önemi, Taze ve Kuru İncir Ticareti Açısından Değerlendirilmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 139-159.
- Duman, E., Yazıcı, A. S. (2018). Yaş İncir (Mor Güz-Sarı Lop) Çekirdek ve Çekirdek Yağlarının Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 69-76.
- Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 1057-1072.
- Güney, H. (2009). Tek Değişkenli Zaman Serilerinde Model Seçim Ölçütlerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koçak, A., (2011). Bilgelik Varlık Bereket Sembolü İncirin Serüveni. Bilge Seyidoğlu Kitabı, İstanbul: Dergâh Yayınları.
- Liu, H., Shi, J., Erdem, E. (2013). an Integrated Wind Power Forecasting Methodology: Interval Estimation of Wind Speed, Operation Probability of Wind Turbine, and Conditional Expected Wind Power Output of a Wind Farm. *International journal of green energy*, 10(2), 151-176.
- Lewis, C. D. (1982). Industrial and Business Forecasting Methods: a Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting. London; Butterworths.
- Newton, H. J. (1988). Timeslab: a Time Series Analysis Laboratory. Wadsworth Publishing Company, California.
- Nugroho, A., Simanjuntak, B. H. (2014). ARMA (Autoregressive Moving Average) Model for Prediction of Rainfall in Regency of Semarang-Central Java-Republic of Indonesia. *International Journal of Computer Science Issues*, 11(3), 27.
- Özer, O. O., & İlkdoğan, U. (2013). Box-Jenkins Modeli Yardımıyla Dünya Pamuk Fiyatının Tahmini. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 13-20.
- Polat, A. A. (2017). Fig Production in Turkey. *Voćarstvo* 51.197/198: 39-46.
- Polat, A. A., & Ozkaya, M. (2005). Selection Studies on Fig in the Mediterranean Region of Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3), 567.
- Sağdemir, A. (1988). Ege Bölgesinde İncirin Üretim ve Pazarlama ile Bunlara İlişkin Sorunlar Üzerinde Bir Araştırma. (Doktora tezi) Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Bornova, İzmir.
- Slutzky, E. (1937). The Summation of Random Causes As the Source Of Cyclic Processes. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 105-146.
- Tang, Z., De Almeida, C., & Fishwick, P. A. (1991). Time Series Forecasting Using Neural Networks vs. Box-Jenkins Methodology. *Simulation*, 57(5), 303-310.
- Turhan, S., Nargeleçekenler, M., Cetin, B. (2013). a Hedonic Analysis of Bursa's Black Fig Bid Prices and Product Quality Characteristics in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1), 264-267.
- Turk, R. (1988). Effects of Harvest Time and Precooling on Fruit Quality and Cold Storage of Figs (F. carica L. cv." Bursa Siyahi"). *In International Symposium on Postharvest Handling of Fruit and Vegetables* 258 (pp. 279-286).
- Uzundumlu, A. S., Öksüz, E. Ö., Kurtoğlu, S. (2018). Future of Fig Production in Turkey. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 138-146.
- Ülkümen, L., Özbek, S., İleri, M. (1948). İncir ve Hastalıkları. Yüksek Ziraat Enstitüsü Basımevi, Ankara.

- Wong, J. M., Chan, A. P., Chiang, Y. H. (2005). Time Series Forecasts of the Construction Labour Market in Hong Kong: The Box-Jenkins Approach. *Construction Management and Economics*, 23(9), 979-991.
- Yule, G. U. (1926). Why Do We Sometimes Get Nonsense-Correlations Between Time-Series?--a Study in Sampling and the Nature of Time-Series. *Journal of the royal statistical society*, 89(1), 1-63.

Manisa İli Pamuk Alanlarında *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae)'nın Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*

Determination of Some Biological Parameters of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae) on Cotton in Manisa Province

Samet MEMİŞ¹ Ali ÖZPINAR²


Özet


Çalışma, Manisa ili pamuk alanlarında *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae)'nın bazı biyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla 2018-2019 yıllarında yürütülmüştür. Her iki yılda da Manisa ili Şehzadeler ilçesi ve köylerindeki pamuk alanlarını temsil edecek şekilde üreticilere ait 5 farklı deneme parseli belirlenmiştir. Pamuk, 2018 yılında 14-21 Nisan tarihlerinde ekilmiş *Aphis gossypii*, *Empoasca* spp, ve *Tetranychus urticae*'ye karşı bir kez ilaçlama yapılmıştır. Pamuk ekimi 2019 yılında ise 25-27 Nisan tarihlerinde 2 farklı (Carisma ve BA 440) tohum çeşidi kullanılarak yapılmıştır. Tüm parsellerde *A. gossypii*, *Empoasca* spp, ve *Bemisia tabaci*'e karşı 5 kez ve *H. armigera*'ya karşı ise 2 kez olmak üzere toplam 7 farklı tarihte insektisit uygulanmıştır. *H. armigera* ergin popülasyon gelişmesi delta ve funnel tuzaklarla takip edilmiştir. Haftada bir kez tuzaklara yakalanan erginler sayılmış, her parselde 3 farklı yerde 3 metre bitki sırasında *H. armigera* yumurta ve larvaları ile *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae)'nın yumurtaları kaydedilmiştir. İlk yılda Karaağaçlı'da 2, Selimşahlar'da 1, Yenimahmudiye'de 2, Mütevelli'de 10 ve Veziroğlu'nda 1 adet olmak üzere toplam 16 adet *H. armigera* ergini tuzaklara yakalanmıştır. Ergin popülasyon yoğunluğu düşük düzeyde kaldığı için bu veriler değerlendirilmemiştir. Çalışmanın devam ettiği 2019 yılında ise *H. armigera*'nın ergin uçuşu tüm parsellerde temmuz ayının ilk haftasından itibaren başlamış olup, ağustos ortasında ve eylül ayı sonunda olmak üzere 2 tepe noktası meydana gelmiştir. Ergin uçuşu hasat tarihine (19.10.2019) kadar devam etmiştir. Örneklem süresince her iki tuzağa Karaağaçlı'da 101, Selimşahlar'da 83, Yenimahmudiye'de 55, Mütevelli'de 77 ve Veziroğlu'nda 118 adet olmak üzere tuzaklara toplam 434 *H. armigera* ergini yakalanmıştır. Parsel başına en fazla *H. armigera* ergin BA 440 pamuk tohumu kullanılarak ekilen Karaağaçlı ve Veziroğlu parsellerinde elde edilmiştir. Diğer taraftan tüm parsellerde funnel tuzaklara yakalanan *H. armigera* ergin sayıları delta tuzaklara göre yüksek çıkmıştır. Örneklem parsellerinde gerek emici böceklerle karşı ve gerekse *H. armigera* (2 kez) karşı insektisit kullanılmasına rağmen, her parselde 3 m bitki sırasında, diğer genel predatör türlere göre, yüksek sayıda *C. carnea* yumurtası sayılmıştır. Parsellerde kaydedilen *H. armigera*'nın yumurta ve larva popülasyon gelişmesiyle *C. carnea* yumurta sayısı arasında bir paralellik olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Manisa, Pamuk, Funnel ve Delta tuzak, *Helicoverpa armigera*, *Chrysoperla carnea*

Abstract

The study was conducted on the cotton fields of Şehzadeler district in Manisa province with the purpose of determining some biological parameters of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae) in 2018 and 2019. In both years, 5 different experimental parcels were selected to represent the cotton fields of Şehzadeler

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Özpınar, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale; E-mail: aozpınar@comu.edu.tr  OrcID: 0000-0003-4512-8027

¹Samet Memiş, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale; E-mail: ziraatmuh_samet@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-1431-8883.

Atıf/Citation: Memiş, S., Özpınar, A. Manisa ili pamuk alanlarında *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae)'nın bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 369-380.

*Bu çalışma Samet Memiş'in Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

district. In 2018, cotton was sowed in 14th – 21st of April, one chemical control was applied against *Aphis gossypii*, *Empoasca* spp. and *Tetranychus urticae*. In 2019, cotton was sowed in 25-27 April with two different cultivars (Carisma and BA 440). A total of 7 insecticides applications were made with 5 times against *A. gossypii*, *Empoasca* spp. and *Bemisia tabaci*, two times against *H. armigera*. Adult population development of *H. armigera* was followed with delta and funnel traps. Samplings were made once a week, the number of adults were recorded and the number of *H. armigera* eggs and larvae and eggs of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) were counted on 3 different points on 3 m plant lines in all parcels. In the first year, a total of 16 adults were captured with 2 from Karağaçlı, 1 from Selimşahlar, 2 from Yenimahmudiye, 10 from Mütevelli and 1 from Veziroğlu. Because of the low population density of adults, the data were not evaluated. In 2019, adult flight of *H. armigera* has started at the first week of July on all parcels and two peak points, in the middle of August and at the end of September, were recorded. Adult flight has continued until the harvest date (19.10.2019). A total of 434 adults were captured on all traps with 101 from Karağaçlı, 83 from Selimşahlar, 55 from Yenimahmudiye, 77 from Mütevelli and 118 from Veziroğlu throughout the sampling period. The highest number of *H. armigera* adults captured per parcel was on Karağaçlı and Veziroğlu, which was sowed with BA 440 cultivar. On the other hand, the number of *H. armigera* adults captured were higher in funnel traps than delta traps in all parcels. Number of *C. carnea* eggs were higher than other predators on 3 m plant lines, even with 2 insecticide applications against *H. armigera* and other pests. A parallel trend was observed between the egg and larval population of *H. armigera* and the number of *C. carnea* eggs.

Keywords: Manisa, Cotton, Funnel and delta traps, *Helicoverpa armigera*, *Chrysoperla carnea*

1.Giriş

Pamuk (*Gossypium hirsutum*) tropik ve subtropik alanlarda lif ve yağ elde etmek amacıyla yetiştirilen stratejik öneme sahip bir kültür bitkisidir. Ülkemizde başta Güneydoğu Anadolu Bölgesi (%62) olmak üzere, Ege (%16) ve Akdeniz bölgelerinde (%21) toplam 4.944.865 dekar alanda pamuk yetiştirilmektedir (TUİK, 2020). Son yıllarda Manisa ilinde özellikle pamuk ekim alanlarında önemli artış görülmüş ve üretim alanları 90.360 dekara ulaşmıştır. Pamuk üretim alanlarının artmasıyla bitki koruma sorunları da önem kazanmış ve toplam girdilerin %40'nı ilaç ve ilaçlama maliyeti oluşturmuştur. Pamuk üretim döneminde farklı zamanlarda *Aphis gossypii* (Glover), *Bemisia tabaci* (Gmell.), *Tetranychus urticae* (Koch), *Empoasca* spp. ve *Helicoverpa armigera* Hübner ile mücadeleye ihtiyaç duyulmuştur (Anonim, 2017). Birçok ülkede farklı kültür bitkilerinde zararlı olan *H. armigera* larvalarının, pamuğun generatif organlarında yaptığı zararın, üründe ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmiştir (Zalucki ve ark., 1994); (Karim, 2000); (Liu ve ark., 2004). Ülkemizde ise yıllara göre değişmekle birlikte *H. armigera*'nın pamukta ürün kayıplarına neden olduğu ve en az iki kez ilaçlı mücadeleye ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Öngören ve ark., 1977); (Karaat ve ark., 1986); (Göven ve Efil, 1994); (Mart ve ark., 2000); (Atakan ve Boyacı 2017); (Akyıldız ve Bayhan, 2018).

Helicoverpa armigera larvalarının pamuk bitkisindeki beslenme davranışı nedeniyle uygulanan kimyasallarla temasının yeterince sağlanamaması mücadelenin başarısını düşürmektedir. Diğer taraftan *H. armigera* ile ilgili olarak yapılan çalışmaların pek çoğunda örneklenen ergin sayılarıyla ergin öncesi dönemleri arasındaki tutarsızlıklara işaret edilmiştir. Nitekim, kullanılan cinsel çekici feromon tuzaklarına yakalanan ergin sayısı *H. armigera*'nın ergin öncesi dönemleri arasındaki ilişkinin zayıf olduğu, bu nedenle mücadelede arzu edilen başarının sağlanamadığı bildirilmiştir (Mart ve ark., 2000). Ergin örneklemede kullanılan cinsel çekici feromonun kimyasal yapısının uyumsuzluğu yanında, tuzak şekillerinin de önemli olduğu bilinmektedir. *H. armigera*'nın salgın yıllarında zararlı ile mücadelenin başarısı için pamuk üreticileri kimyasal mücadeleye gereğinden fazla başvurmaktadır. Ayrıca, son yıllarda emici böceklerin erken dönemlerde pamukta zararlı olması da insektisit kullanımını arttırmaktadır. Bu durum *H. armigera*'nın üzerinde etkili olan parazitoit ve predatör türlerin popülasyon gelişmelerine sekteye uğratmaktadır (Özgür ve ark.,1988). Bağlantılı olarak domates alanlarında zararlılara karşı gereğinden fazla insektisit kullanılması sonucu, yararlı türlerin azalmasıyla yaprakbiti ve kırmızı örümceklerin popülasyon yoğunluğu artmıştır (Özpinar ve ark., 2017b). Bu nedenle, pamuktaki zararlılara karşı kullanılan insektisitlerin genel predatör türler üzerindeki yan etkileri değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Ferreira ve ark., 2006); (Tilman ve Mulrooney, 2000); (Sechser ve ark., 2003). Bu türlerden *Chrysoperla carnea* (Stephens)'nin insektisitlere daha toleranslı olduğu belirlenmiştir (Theiling ve Croft, 1988); (Sayyed ve ark., 2010).

Bu çalışmada, Manisa ili Şehzadeler ilçesi sınırlarında yer alan 5 farklı pamuk tarlasında *H. armigera* erginlerini yakalamada delta ve funnel tipi tuzaklar karşılaştırılmış ve zararlının mücadelesine ışık tutacak bazı biyolojik parametreler incelenmiştir.

2.Materyal ve Metot

Çalışma, 2018 ve 2019 yıllarında Manisa İli Şehzadeler ilçesi ve köylerinde belirlenen üreticilere ait 5 adet pamuk tarlasında yürütülmüştür. Pamuk ekimi 2018 yılında 14-21 Nisan tarihlerinde yapılmış ve ekim ayının ortasında hasat edilmiştir. Temmuz ve ağustos sonunda olmak üzere 2 sulama yapılmış ve yetiştirme mevsimi boyunca *A. gossypii*, *Empoasca* spp, ve *T. urticae* ile mücadelede ruhsatlı ilaçlar kullanılmıştır.

İkinci yıl çalışmaları için 2019 yılında ise belirlenen parsellerde 25-27 Nisan tarihlerinde Tablo 1'de belirtilen Carisma ve BA-440 pamuk tohumları kullanılarak ekim yapılmış ve 19-22 Ekim tarihlerinde hasat edilmiştir. BA-440 çeşidinin yapraklarının daha tüylü olması dışında, diğer özellikleri Carisma çeşidi ile benzerdir. Pamuğun bakımı üreticiler tarafından yapılmış olup, temmuz ve ağustos aylarında 2 kez sulanmış ve tüm parsellerde *A. gossypii*, *Empoasca* spp ve *B. tabaci* 'ye karşı farklı tarihlerde 5 kez, ilave olarak da *H. armigera* için 2 kez olmak üzere tüm parsellerde toplam 7 kez ilaçlama yapılmıştır.

Helicoverpa armigera'nın ergin popülasyon gelişmesinin takibi, 2 mg Z-11 Hexadecenal+0,08 mg Z-9 Hexadecenal kimyasal yapısındaki ruhsatlı feromon kapsülü içeren delta ve funnel tipi tuzaklarla yapılmıştır. Tuzaklar her parselde birer adet olacak şekilde 2018 yılında 25 Haziran'da ve 2019 yılında ise 06 Temmuz tarihlerinde yerleştirilmiştir (Şekil 1). Sayımlar, *H. armigera* erginleri tuzaklara yakalanana kadar günlük ve erginler yakalandıktan sonra ise haftada bir kez olacak şekilde periyodik olarak devam etmiştir. Tuzakların

feromonu dört hafta aryla ve delta tipi tuzaklardaki yapışkan tabla ise kirlendikçe yenisiyle değiştirilmiştir. Her iki yılda da pamuk hasadıyla birlikte tuzaklardaki sayımlar sonlandırılmıştır. İlk yılda *H. armigera* popülasyon yoğunluğu düşük olduğu için yeterli bulguya ulaşılmayınca değerlendirme yapılamamıştır.

Tablo 1. Deneme alanlarının özellikleri ve 2019 yılında yapılan uygulamalar

Table 1. Properties of the trial areas and applications in 2019

Parsel adı	Ekim tarihi	Pamuk çeşidi	Alan (da)	Kullanılan insektisitler	Uygulama tarihleri	Zararlı etmenler
Karaağaçlı	25.04.2019	BA 440	20	% 20 Acetamiprid	12-15.05.2019	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Empoasca</i> spp
Selimşahlar	27.04.2019	Carisma	60		27-29.05.2019	<i>Empoasca</i> spp
Y.mahmudiye	26.04.2019	Carisma	40		10-12.06.2019	<i>Empoasca</i> spp
Mütevelli	27.04.2019	Carisma	30		25-29.06.2019	<i>Empoasca</i> spp
Veziroğlu	25.04.2019	BA 440	50		21-24.08.2019	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Bemisia tabaci</i>
				Chlorantraniliprole	21-24.08.2019	<i>Helicoverpa armigera</i>
				50g+Lambda-cyhalothrin ZC	20-25.09.2019	<i>Helicoverpa armigera</i>



Figure 1. Funnel (a) and delta (b) type pheromone traps
Şekil 1. Funnel (a) ve delta (b) tipi feromon tuzakları

Çalışmanın ikinci yılı olan 2019 yılında elde edilen bulgular örnekleme yerleri ve tarihleri esas alınarak funnel ve delta tipi tuzaklara yakalanan ergin sayıları SPSS 23 istatistik paket programı (IBM Crop, 2015) kullanılarak ($P<0,05$) tek yönlü ANOVA uygulanarak aralarındaki fark karşılaştırılmıştır.

Ayrıca, her parselde 3 farklı yerde, 3 metre bitki sırasında *H. armigera*'nın ergin öncesi dönemleri (yumurta ve larva) ve doğal düşmanlarından *C. carnea*'nın yumurta sayıları kaydedilmiştir. *H. armigera*'nın ergin öncesi dönemleriyle *C. carnea* arasındaki ilişki parsel düzeyinde grafiklerle değerlendirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmanın ilk yılında pamuk yetiştirme periyodu boyunca 26.06.2018-15.09.2018 tarihlerinde Karaağaçlı'da 2, Selimşahlar'da 1, Yenimahmudiye'de 2, Mütevelli'de 10 ve Veziroğlu'nda 1 adet olmak üzere tuzaklara toplam 16 adet *H. armigera* ergini tuzaklara yakalanmıştır. *H. armigera*'nın salgın yılında olmaması nedeniyle ergin popülasyon yoğunluğu düşük düzeyde kaldığı için ilk yılın verileri değerlendirilmemiştir.

Denemenin ikinci yılında ise 06.07.2019 tarihinde parsellere yerleştirilen delta ve funnel tipi feromon tuzaklara *H. armigera*'nın ilk erginleri 08.07.2019 tarihinde Mütevelli'deki parselde yakalanmış ve ilk sayım tarihinden (13.07.2019) itibaren örnekleme yerlerinin tümündeki tuzaklarda erginler kaydedilmiş ve hasat tarihine (19.10.2019) kadar erginler tuzaklara yakalanmaya devam etmiştir (Tablo 2 ve Şekil 2).

Tablo 2. Deneme parsellerinde 2019 yılında delta ve funnel tuzaklara yakalanan *Helicoverpa armigera* ergin sayıları (Adet/Tuzak/Hafta)Table 2. *Helicoverpa armigera* adult numbers caught in delta and funnel traps in trial plots in 2019 (Number / Trap / Week)

Parseller	Karaağaçlı		Selimşahlar		Yenimahmudiye		Mütevelli		Veziroğlu	
Tuzaklar	Delta	Funnel	Delta	Funnel	Delta	Funnel	Delta	Funnel	Delta	Funnel
13.07.2019	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3
20.07.2019	1	3	0	3	1	1	2	1	1	3
27.07.2019	4	1	1	4	1	2	4	1	1	5
03.08.2019	2	3	1	3	0	2	1	2	1	5
10.08.2019	3	5	2	3	2	3	2	4	3	7
17.08.2019	2	8	4	7	2	3	3	5	4	8
24.08.2019	4	10	3	7	2	4	3	9	3	12
31.08.2019	2	6	1	4	1	3	2	5	1	7
06.09.2019	3	4	3	3	2	3	3	3	2	6
13.09.2019	1	3	1	2	1	1	1	2	1	3
20.09.2019	5	13	4	9	3	6	4	8	6	15
27.09.2019	2	5	2	3	1	3	1	4	3	7
05.10.2019	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3
12.10.2019	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3
19.10.2019	0	2	0	1	1	1	0	1	1	1
Toplam	32	69	25	58	20	35	29	48	30	88
Genel toplam	101		83		55		77		118	

Örnekleme yapılan pamuk alanlarında Ağustos ayı ortasında ve Eylül ayının sonunda olmak üzere tüm parsellerde her iki feromon tuzağına yakalanan erginler iki tepe noktası oluşturmuştur. Temmuz ayında ise tuzaklara az sayıda ergin yakalandığı için belirgin olmamakla birlikte bir dalgalanma gözlenmiştir. *H. armigera* ergin popülasyon yoğunluğu, ağırlıklı olarak pamuğun olgunlaşma döneminde varlığını hissettirmiştir. Çukurova bölgesinde pamukta yapılan bir çalışmada Yeşilkurt'un pamuğun koza oluşturma ve olgunlaştırma döneminde ortaya çıktığı, Temmuz- Ağustos döneminde iki döl verdiği tespit edilmiştir (Atakan ve Boyacı, 2017). Manisa ilinde yıllara göre farklı olmak birlikte pamuk alanlarında *H. armigera* erginlerinin Temmuz, Ağustos ve Ekim ayı başında olmak üzere 3 uçuş gerçekleştirdiği bildirilmiştir (Koçlu ve Karsavuran, 2000). Diyarbakır ili pamuk alanlarında ise *H. armigera* ergin sayısının mevsim başında yüksek yoğunluğa ulaştığı tespit edilmiştir (Akyıldız ve Bayhan, 2018). Çalışma alanı ile aynı enlemde yer alan Yunanistan'dan *H. armigera* erginlerinin Mayıs-Ekim aylarında tuzaklarda yakalandığı belirlenmiştir (Tsitsipis ve Alexandri, 1990). Ülkemizde yapılan diğer çalışmalarda ise ergin uçuş periyodunun bölgelere göre farklı olduğu görülmüştür (Öngören ve ark., 1977); (Mart ve ark., 2000).

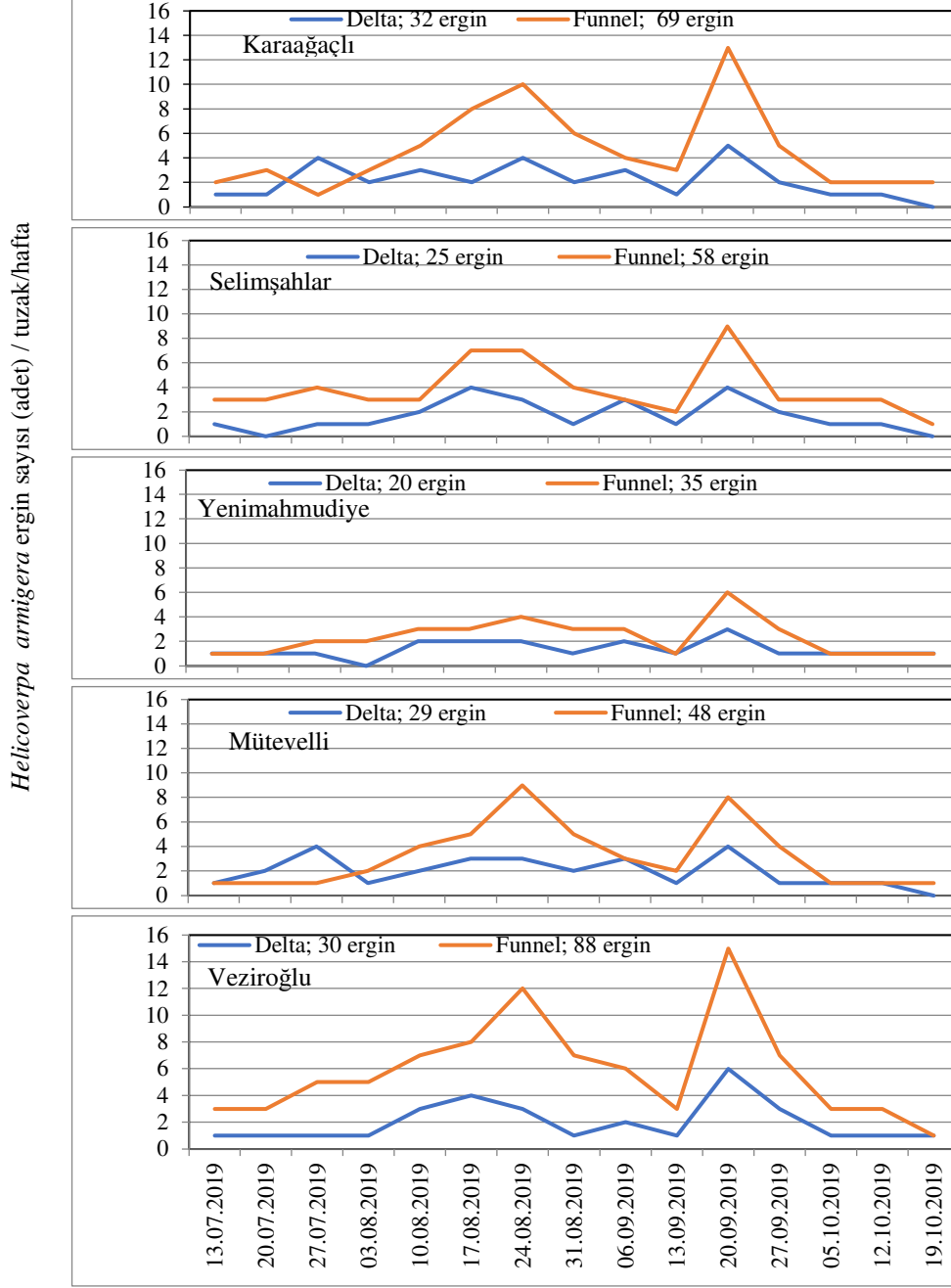


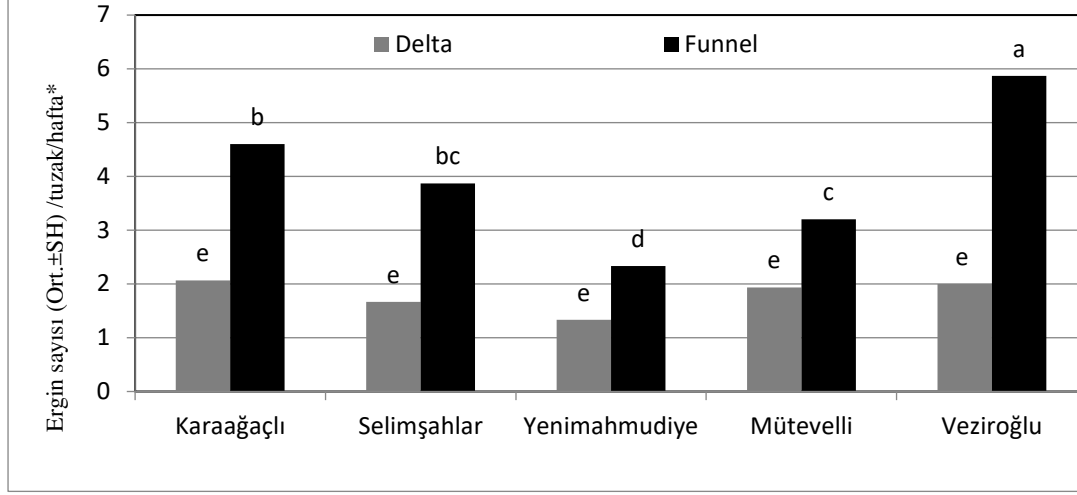
Figure 2- Adult population development of *Helicoverpa armigera* caught in delta and funnel traps in different cotton plots in Manisa province

Şekil 2- Manisa ilinde farklı pamuk parsellerinde delta ve funnel tuzaklara yakalanan *Helicoverpa armigera* ergin popülasyon gelişmesi

Beş pamuk parselinde delta tuzaklara toplam 136 adet ergin yakalanırken funnel tuzaklarda bu sayı 298 adet olarak kaydedilmiştir. Funnel tuzaklara yakalanan toplam ergin sayısı delta tuzaklara göre yüksek çıkmıştır. Pamuk alanlarında yakalanan toplam 434 adet erginin %31,33 delta ve %68,66'sı ise funnel tipi tuzaklarda kaydedilmiştir. Örneklem yapılan pamuk parselleri karşılaştırıldığında, mevsim boyunca tuzaklara yakalanan 434 adet *H. armigera* erginin %27,2'si Veziroğlu pamuk parselindeki tuzaklarda yakalanmıştır. Bunu %23,3 adet ergin ile Karaağaçlı'daki parsel izlemiştir.

Manisa ili Şehzadeler ilçesi sınırlarında yer alan 5 farklı pamuk tarlasında 2019 yılı vejetasyon döneminde delta ve funnel tipi feromon tuzakları yakalanan *H. armigera* ergin sayıları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Beş pamuk parselinde delta tuzaklara (n=75) yakalanan ortalama ergin sayısı (1,8±0,15) ile funnel

tuzaklara (n=75) yakalanan ortalama ergin sayısı ($3,9 \pm 0,34$) arasındaki fark istatistiksel olarak $F=33,7$ $P=0,00$ önemli bulunmuştur. Buna karşın tüm parsellerde delta tuzaklara yakalanan *H. armigera* ortalama ergin sayısı (n=15) arasındaki fark ($F=2,64$ $P=0,07$) istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.



Not: Aynı harflerle gösterilen ortalama ergin sayıları arasındaki fark önemsizdir.

Figure 3. Comparison of *Helicoverpa armigera* adult (Mean±SE) numbers captured with delta and funnel traps in five cotton plots in Manisa province ($P<0,05$).

Şekil 3. Manisa ilinde beş pamuk parselinde delta ve funnel tuzaklarla yakalanan *Helicoverpa armigera* ergin (Ort.±SH) sayılarının karşılaştırılması ($P<0,05$).

Funnel tuzaklara haftalık (n=15) yakalanan *H. armigera* ergin sayısı arasındaki fark ($F=18,993$; $P=0,00$) ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). En yüksek ergin sayısı Veziroğlu ($5,867 \pm 0,965$ adet) pamuk parseline ait olup, onu Karaağaçlı ($4,600 \pm 0,877$ adet)'daki parsel izlemiştir. Diğer parsellerdeki funnel tuzaklara yakalanan ergin sayıları da birbirinden farklı çıkmıştır. En az ergin Yenimahmudiye'deki ($2,333 \pm 0,374$ adet) pamuk parselinde kaydedilmiştir. Parsel başına her iki tuzağa yakalanan toplam ergin sayısı da funnel tuzakların etkisiyle genel olarak birbirinden farklı çıkmıştır. *H. armigera* erginlerini yakalamada funnel tuzaklar tüm parsellerde en iyi sonucu vermiştir. *H. armigera* erginlerini yakalamada funnel, delta ve kanat tipi tuzakların karşılaştırıldığı Hatay ili pamuk alanlarında en iyi sonucun funnel tuzaklarla alındığı bildirilmiştir (Mart ve ark., 2000).

Tablo 1'de gerek *H. armigera*'ya karşı ve gerekse diğer emici zararlılara karşı beş örneklem parselinde de aynı tarihlerde ve aynı sayıda insektisitler kullanılarak ilaçlama yapılmıştır. BA 440 pamuk çeşidinin ekili olduğu Veziroğlu ve Karaağaçlı'daki pamuk parsellerinde *H. armigera*'nın ergin ve ergin öncesi dönemlerine ait birey sayısı diğer parsellere göre yüksek çıkmıştır. Ancak, Carisma pamuk tohumunun kullanıldığı parsellerde de yakalanan ergin sayısı da birbirinden farklı bulunmuştur. Dolayısıyla ergin sayısındaki farkın çeşit özelliğinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı yönünde bir kanaate varılamamıştır.

Örneklem parsellerinde 2019 yılı pamuk yetiştirme periyodu boyunca *H. armigera*'nın ergin, yumurta ve larvaları ile genel predatör türlere ait sayısal değerler Tablo 3'te verilmiştir. Tüm parsellerde 434 adet ergin tuzaklara yakalanmış olup, buna karşılık 58 adet yumurta ve 15 adet larva sayılmıştır. Söz konusu larva ve yumurtaların büyük bölümü ergin popülasyon yoğunluğunun yüksek olduğu dönemlerde kaydedilmiştir. Zira en fazla erginin yakalandığı Veziroğlu (18 yumurta ve 7 larva) ve Karaağaçlı (14 yumurta ve 3 larva) parsellerinde daha fazla yumurta ve larva sayılmıştır. Bu durum, örneklem parsellerindeki *H. armigera* ergin sayıları ile yumurta ve larva sayılarının oransal olarak paralel olduğunu göstermiştir.

Yumurta ve larva sayılarının yapıldığı 3 metre bitki sırasında pamukta zararlı olan *A. gossypii*, *T. urticae* ve *B. tabaci* gibi emici zararlı türlerin predatörü olan *C. carnea* yumurtaları tüm parsellerde birbirine yakın sayıda

kaydedilmiş ve toplam 598 adet sayılmıştır. Benzer şekilde Çanakkale ili pamuk alanlarında yapılan bir çalışmada *C. carnea* popülasyon yoğunluğunun diğer genel predatörlerden yüksek olduğu bildirilmiştir (Özpınar ve ark., 2017a). *C. carnea*'nin pamuktaki zararlılara karşı kullanılan insektisitlere diğer predatör türlerden daha toleranslı olduğu yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Sayyed ve ark., 2010). Tüm bu çalışmalardan da anlaşıldığı üzere *C. carnea*'nin pamuk alanlarında zararlıların kontrolünde ümit var bir durum yaratmıştır.

Tablo 3. Manisa ili pamuk alanlarında 2019 yılı vegetasyon döneminde *Helicoverpa armigera*'nin yumurta, larva ve predatör türlere ait sayısal değerler.

Table 3. Numerical values of egg, larvae and predator species of *Helicoverpa armigera* in cotton fields in Manisa province in 2019

Örneklemeye yerleri	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner			<i>Chrysoperla carnea</i> yumurtası*
	Ergin	Yumurta*	Larva*	
Karaağaçlı	101	14	3	123
Selimşahlar	83	10	1	121
Yenimahmudiye	55	10	1	123
Mütevelli	77	12	3	120
Veziroğlu	118	12	7	111
Toplam	434	58	15	598

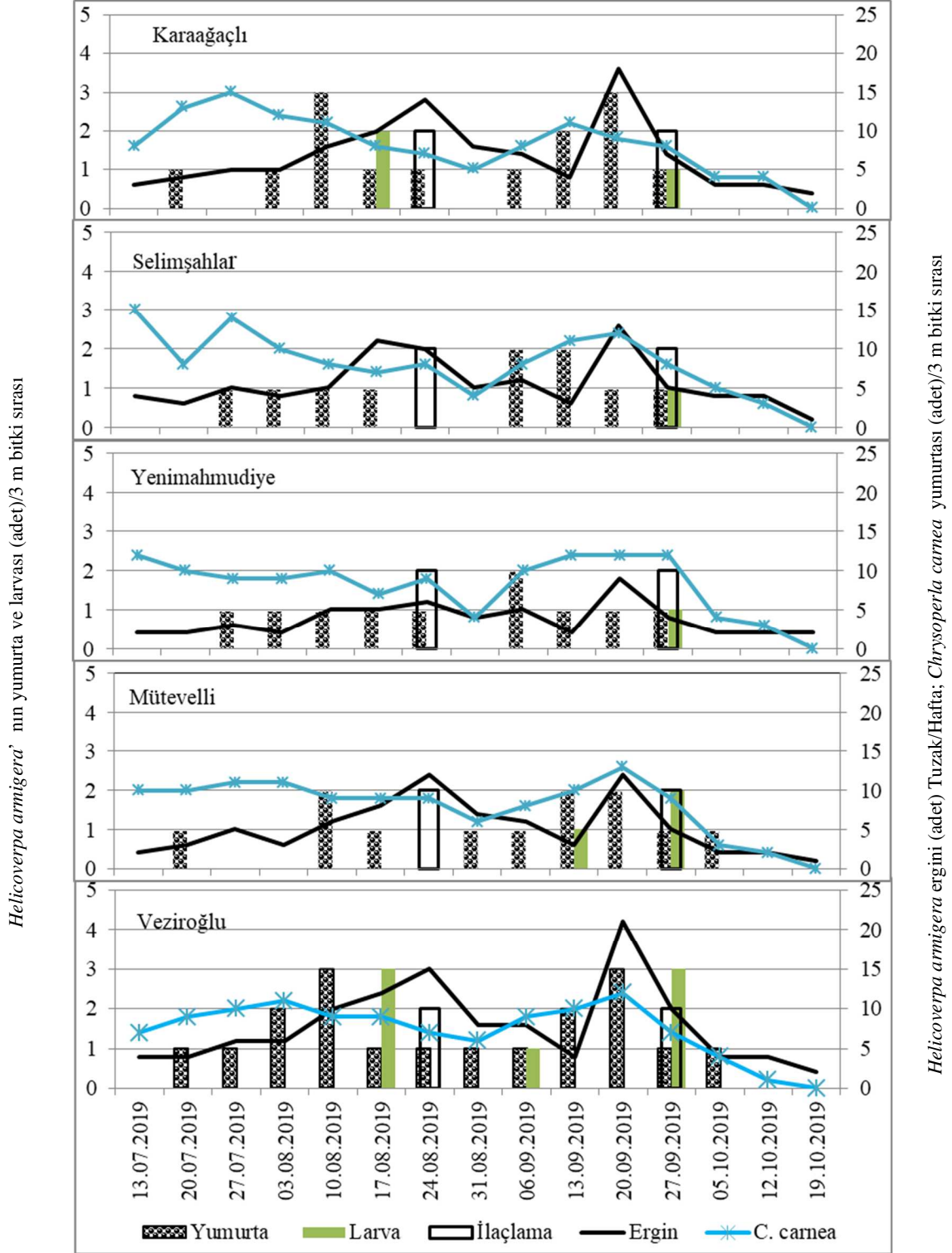
* pamukta 3 metre bitki sırasındaki ortalama değerler.

Parseller esas alınarak örnekleme süresince haftalık sayımlarla elde edilen *H. armigera*'nin yumurta ve larva popülasyon gelişmesiyle *C. carnea* yumurta yoğunluğu arasındaki ilişki Şekil 4'te verilmiştir. Farklı parsellerde *H. armigera*'nin yumurta ve larva yoğunluğu ile *C. carnea* yumurta sayısının gelişimi arasında bir paralellik olduğu görülmüştür. *C. carnea*'nin birçok zararlı tür ile birlikte pamuk alanlarında *H. armigera*'nin yumurta ve erken dönem larvaları üzerinde önemli bir predatör olduğu bildirilmiştir (Bar ve ark., 1979); (Pappas ve ark., 2007); (Hassanpour ve ark., 2011). Çalışma alanında da *A. gossypii* ve diğer emci türlerin varlığı nedeniyle mevsim başında 5 kez insektisit kullanılmış ancak *C. carnea*'nin yumurta sayısı belli düzeyde devam etmiştir. Ağustos ortası ile Eylül ayı sonunda ise *H. armigera* larva yoğunluğundaki artış nedeniyle üreticiler tarafından 2 kez daha ilaçlama yapılmıştır. İlaçlamalarla birlikte *C. carnea* yumurta sayısındaki kısmi azalmaya rağmen, yumurta yoğunluğu belli bir düzeyde devam etmiştir. Zira bu konuda yapılan çalışmalardan da benzer bulguların olduğu, Çukurova koşullarında pamuk tarlalarında erken dönemlerde *A. gossypii* üzerinde *C. carnea*'nin yaygın olarak bulunduğu (Atakan, 2000) ve uygulanan insektisitlerden *C. carnea* yumurtalarının larva ve erginlere göre daha az etkilendiği bildirilmiştir (Kaitazov ve Kharizanov, 1976).

4.Sonuç

Bu çalışmada, 2018 yılında incelenen 5 örnekleme parselinde toplam 16 ergin tuzaklara yakalanmıştır. *H. armigera* popülasyon yoğunluğunun düşük düzeyde kalmış ve zararlıya karşı herhangi bir mücadele programı uygulanmamıştır. B durum *H. armigera*'nin salgın yılında olmamasına bağlanmıştır. Çalışmanın ikinci yılında ise temmuz ayının ilk haftasından itibaren hasadın yapıldığı ekim ortalarına kadar örnekleme parsellerinin hepsinde tuzaklara *H. armigera* erginleri yakalanmış, Ağustos ayı ortasında ve Eylül ayı sonunda olmak üzere 2 tepe noktası meydana gelmiştir. Dolayısıyla ülkemizde sıklıkla yaşandığı üzere *H. armigera* popülasyon yoğunluğunu tahmin etmede bir önceki yılın referans alınamayacağı görülmüştür.

Örnekleme parsellerinin tümünde erginleri yakalamada funnel tipi tuzaklar delta tipi tuzaklara göre oldukça başarılı bulunmuştur. Başlangıçta, düşük maliyetleri nedeniyle delta tuzaklar avantajlı gibi görünse de funnel tuzakların arazide korunmaları halinde daha uzun süre kullanılma olanağı nedeniyle tercih edilecektir. Diğer yandan, aynı feromon kapsülü içeren farklı tuzak tipinde oldukça birbirinden farklı sayıda *H. armigera* erginlerini yakalamış olması, örnekleme araçlarının önemini ortaya koymuştur.



Şekil 4. Manisa ilinde farklı pamuk parsellerinde *Helicoverpa armigera*'nin ergin, yumurta ve larvaları ile *Chrysoperla carnea*'nin yumurta sayısı (adet/haftalık)

Figure 4. The number of adults, eggs and larvae of *Helicoverpa armigera* and eggs of *Chrysoperla carnea* in different cotton fields in Manisa province (number / week)

Diğer taraftan, BA 440 pamuk çeşidinin ekili olduğu Karaağaçlı ve Veziroğlu parsellerinde *H. armigera* popülasyon yoğunluğu Carisma çeşidi ekili olan diğer parsellere göre yüksek olması dikkati çekmiştir. BA 440

pamuk çeşidinin yapraklarının daha tüylü olması *H. armigera*'nın yumurta bırakması için bir tercih nedeni olabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.

Tuzaklara yakalanan *H. armigera* ergin sayısı ile 3 metre bitki sırasındaki *H. armigera* yumurta ve larva sayısı arasında beklenen paralellik oluşmamıştır. Özellikle funnel tuzaklarda yakalanan ergin sayısı ile *H. armigera*'nın aynı parsellerdeki yumurta ve larva sayısı arasında önemli bir fark oluşmuştur. Buna rağmen, *H. armigera* ergin sayısının yüksek olduğu ağustos ayının 2. yarısında ve eylül sonlarında olmak üzere 2 kez ilaçlama yapılmıştır. Mevsim başında emici zararlı böceklere karşı tüm parsellerde 5 farklı tarihte aynı insektisitler uygulanmıştır. Diğer parsellere göre *H. armigera* popülasyon yoğunluğunun yüksek olduğu Karaağaçlı ve Veziroğlu parsellerinde ilk örnekleme tarihlerinde *C. carnea* yumurta sayısı kısmen düşük de olsa, genel olarak, parsellerin tümünde yüksek sayıda yumurta kaydedilmiştir. *C. carnea* yumurta sayısı ile *H. armigera*'nın yumurta ve larva sayısındaki değişim arasında bir paralellik olduğu görülmüştür. Zira, Bakthavatsalam ve ark., (2000) *C. carnea*'nın *H. armigera*'nin önemli bir predatörü olduğunu bildirmiştir.

Salgın yıllarında pamuk bitkisinde önemli ürün kayıplarına neden olan *H. armigera* ile kimyasal mücadelenin kaçınılmaz olduğu ve yapılan ilaçlamaya rağmen, *C. carnea* yumurta yoğunluğunun yüksek düzeyde seyretmiş olması mücadelenin başarısı için ümit var bir durum yaratmıştır.

Teşekkür

Bu makale Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FYL-2018-2591 nolu projeden üretilmiştir.

Kaynakça

- Anonim, (2017). Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (<https://manisa.tarimorman.gov.tr/>) Tarımsal Veriler. Erişim tarihi:05.02.2020.
- Akyıldız, M., Bayhan, E. (2018). Diyarbakır ili pamuk ekim alanlarında bulunan Yeşilkurt, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'un popülasyon dalgalanmasının belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22 (2): 186-195.
- Atakan, E. (2000). Within plant distribution of predators *Chrysoperla carnea*, *Deraeocoris pallens* and *Orius niger* on cotton. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 24 (4):267-277.
- Atakan, E., Boyacı, K. (2017). Pamukta farklı ekim şekli ve ekim zamanının Yeşilkurt (*Helicoverpa armigera* Hubn. Lepidoptera: Noctuidae) popülasyonuna ve bitki gelişmesine etkisinin araştırılması. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7 (2): 143-156.
- Bakthavatsalam, N., Singh, S. P., Tandon, P. L., Chaudhary, M., Preeethi, S. (2000). Synomone mediated behavioural responses of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) to cotton infested by (*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)). *Journal of Biological Control* 14 (2): 1-6.
- Bar, D., Gerling, D., Rossler, Y. (1979). Bionomics of the principal natural enemies attacking of *Heliothis armigera* in cotton fields in Isreal. *Environmental Entomology* 8 (3):468-474.
- Ferreira A.J., Carvalho, G. A, Botton, M., Lasmar, O. (2006). Selectivity of insecticides used in apple orchards to two populations of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência Rural* 36 (2): 378-384.
- Göven, M. A., Efil, L. (1994). Dicle vadisi pamuk alanlarında zararlı Yeşilkurt (*Heliothis armigera* Hübn.) (Lepidoptera: Noctuidae)'un doğal düşmanları ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar. *Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi*, 25-28 Ocak, P. 449-457, İzmir, Türkiye.
- Hassanpour, M., Mohaghegh, J., Iranipour, S., Ganbalani, G. N., Enkegaard, A. (2011). Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of prey and predator stages. *Insect Science* 18 (2):217-224.
- IBM Crop, (2015). IBM SPSS Statistics 23.0 for Windows, 22.0 ed. IBM Corp., Armonk, NY.
- Karaat, Ş., Göven, M. A., Mart, C. (1986). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde pamuk ekim alanlarında yararlı türlerin genel durumları. *Türkiye 1. Biyolojik Mücadele Kongresi*, 12-14 Şubat, P, 186-194, Adana, Türkiye.
- Kaitazov A., Kharizonav, A. (1976). The possibilities for using Chrysopidae. *Rastelin Zashchita*, 24 (11):22-25.
- Karim, S. (2000). Management of *Helicoverpa armigera*: A Review and prospectus for Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3 (8): 1213-1222.
- Koçlu, T., Karsavuran, Y. (2000). *Heliothis armigera* Hbn... (Lepidoptera: Noctuidae)'nın Manisa ilinde biyolojisi ve popülasyon düzeyi. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 24 (3):179-194.
- Liu, Z., Li, D., Gong, P., Wu, K. (2004). Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology* 33 (6): 1570-1576.
- Mart, C., Arslan, M. M., Eroğlu, N., Doğanlar, O. (2000). Pamuk alanlarında Yeşilkurt, *Heliothis armigera* Hbn. (Lepidoptera: Noctuidae)'un popülasyon takibinde eşeyssel çekici tuzakların kullanım imkanları üzerinde araştırmalar. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi* 3 (2): 145-153.
- Öngören, K., Kaya, N., Türkmen, Ş. (1977). Ege Bölgesi'nde domateslerde zarar yapan Yeşilkurt (*Heliothis armigera* Hübner)'un morfolojisi, biyolojisi ve mücadelesi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni* 17 (1): 3-28.
- Özgür, F., Şekeroğlu, E., Genç, O., Göçmen, H., Yelin, D., İşler, N. (1988). Önemli pamuk zararlılarının pamuk çeşitlerine ve bitki fenolojisine bağlı olarak popülasyon gelişmelerinin araştırılması. *TÜBİTAK, Doğa Dergisi* 12 (1): 48-74.
- Özpınar A., Şahin, A. K., Polat, B., Özpınar, S. (2017a). Troia (Çanakkale) Milli Park alanında polifag zararlı türlerle entegre mücadele olanaklarının araştırılması. *ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (1) :49-57.
- Özpınar A., Polat, B., Şahin, A. K., Özpınar, S. (2017b). Çanakkale ili domates alanlarında canavarotu (*Orobancha ramosa* L.) ve *Phytomyza orobanchia* Kaltenbach (Diptera; Agromyzidae) arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 14 (1) :48-53.
- Pappas, M. L., Broufas, G.D., Koveos, D.S. (2007). Effects of various prey species on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control* 43 (2):163-170.
- Sayyed, A. H., Pathan, A. K., Faheem, U. (2010). Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 98 (3) : 325-332.
- Sechser, B., Ayoub, S., Monuir, N. (2003). Selectivity of emamectin benzoate to predators of sucking pests on cotton. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 110 (2): 184-194.
- Theiling K. M., Croft, B. A. (1988). Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 21 (3-4): 191-218.
- Tilman, P. G., Mulrone, J. E. (2000). Effect of Selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology* 93 (6): 1638-1643.

Tsitsipis, J. A., Alexandri, M. (1990). Monitoring *Helicoverpa armigera*, *Scotia ipsilon* and *Scotia segetum* by pheromone traps in Greece, Comparison of Two Kinds of Traps. *OILB SROP WPRS Bulletin* 13 (3): 54-61.

TUİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, (<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>) Erişim tarihi:07.02.2020.

Zalucki, M. P., Murray, D.A.H., Gregg, P. C., Fitt, G. P., Twine, P. H., Jones. C. (1994). Ecology of *Helicoverpa armigera* (Hubner) and *H. punctigera* (Wallengren) in the Inland of Australia: larval sampling and host plant relationships during winter and spring. *Australian Journal of Zoology* 42 (3): 329-346.

The Correlation of Some Nutrient Elements and Antibacterial Activity of the Basil (*Ocimum basilicum*)

Fesleğen (*Ocimum basilicum*) Bitkisinde Bazı Bitki Besin Elementleri ile Antibakteriyel Aktivitesinin İlişkisi

Muazzez GÜRGAN^{1*}, Sevinç ADİLOĞLU²

Abstract


This study aimed to analyze the correlation of some macro and micro nutritional elements of the basil plant (*Ocimum basilicum*) with the antibacterial activity of the basil extract on two Gram positive and two Gram negative bacteria. The extract of the basil plants grown in laboratory conditions was obtained by solid-liquid extraction with ethanol after drying and burning of the freshly harvested above ground parts. The macro (P, K, Ca, and Mg), micro (Fe, Cu, Zn, Mn, and B) nutrients and a functional element (Al) amounts were detected by ICP-OES. The results revealed that the basil extract was compatible with herbaceous perennial plants in terms of macro nutrient elements P, K, Ca and Mg. Moreover, some micronutrients (Fe, Mn, Zn, B) and the functional element Al was found to be significantly high. The basil extract was significantly effective on inhibiting the Gram negative *E. coli*, *P. aeruginosa*, and Gram positive *S. aureus* and *E. faecium*. The element B was found to be positively correlated with the antibacterial activity of the basil plant suggesting as the B content increases, the antibacterial activity of basil extract is supposed to increase, too. The P and K contents were found to be positively correlated with antibacterial activity, while Ca and Mg contents were negatively correlated. The correlation analysis of the nutritional elements, this extract can be suggested to be more preferable against Gram positive bacteria, especially when the Fe, Cu, Zn, Mn levels are high. These results revealed the importance of the macro and micro nutrient contents of medicinal plants which can be used traditionally against various diseases. In basil cultivation the soils low in lime may convert the negative correlation of Ca and Mg into a positive correlation in terms of antibacterial effect. Conscious and proper fertilization therefore is suggested to be effective on antibacterial activity of the basil plant.

Keywords: *Ocimum basilicum*, Antibacterial activity, Macro elements, Micro elements, Correlation

Özet

Bu çalışmada fesleğen bitkisinin (*Ocimum basilicum*) ekstraktında bulunan bazı makro ve mikro besin elementleri ile bu ekstraktın iki Gram pozitif ve iki Gram negatif bakteri üzerine antibakteriyel etkisinin ilişkisi araştırılmıştır. Laboratuvar ortamında saksılarda yetiştirilen fesleğen bitkisinin toprak üstü aksamının tamamı kurutma ve yakma işlemleri sonrasında ekstrakt çıkarılması için kullanılmış ve ekstrakt etanol ile katı-sıvı ekstraksiyonu ile elde edilmiştir. Makro (P, K, Ca ve Mg), mikro (Fe, Cu, Zn, Mn ve B) besin ve bir fonksiyonel element (Al) içerik ve miktarları ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. Sonuçlar fesleğen bitkisinin makro besin elementlerinden olan P, K, Ca ve Mg elementlerinin miktarlarının çok yıllık otsu bitkilerin besin elementlerinin miktarları ile uyumlu çıktığını göstermiştir. Ayrıca, bu çalışmada yetiştirilen fesleğen bitkisinde bazı mikro besin elementlerinin (Fe, Mn, Zn, B)

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muazzez Gürkan, Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey. E-mail: mgurgan@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-2966-1510

² Sevinç Adiloğlu, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Turkey E-mail: sadiloglu@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-0062-0491.

Atıf/Citation: Gürkan, M., Adiloğlu, S. The Correlation of Some Nutrient Elements and Antibacterial Activity of the Basil (*Ocimum basilicum*). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 381-391.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

İçeriği ve bir fonksiyonel element olan Al'nin içeriği de benzer bitkilerle karşılaştırıldığında önemli miktarda yüksek bulunmuştur. Fesleğen ekstraktının Gram negatif bakterilerden olan *E. coli*, *P. aeruginosa*, ve Gram pozitif bakterilerden olan *S. aureus* ve *E. faecium* bakterileri üzerinde bakteri büyümesini engelleme anlamında hepsi üzerinde etkili olan bir antibiyotikle karşılaştırıldığında etkili olduğu gösterilmiştir. Bitkinin makro besin elementlerinden P ve K miktarlarının antibakteriyel etki ile pozitif ilişkili, Ca ve Mg elementlerinin de negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Mikro besin elementleri arasında da Mn, Zn ve B; ve fonksiyonel bir element olan Al'nin de antibakteriyel etki ile pozitif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Sonuçlar geleneksel olarak farklı bir çok hastalığın tedavisinde toplumda sıklıkla kullanılan tıbbi bitkilerin makro ve mikro element içeriklerinin önemini vurgulamaktadır. Fesleğen yetiştiriciliğinde kireç bakımından düşük toprakların kullanılmasının bu bitkilerin antibakteriyel etkisi Ca ve Mg elementlerinin negatif olan etkisini pozitif çevirebileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla doğru ve bilinçli gübreleme yöntemlerinin bu ve buna benzer bitkilerin antibakteriyel aktivitesi üzerine olumlu bir etki oluşturacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ocimum basilicum*, Antibakteriyel aktivite, Bitki besleme, Makro element, Mikro element, Korelasyon

1. Introduction

Ocimum basilicum, also known as sweet basil, is a perennial herbaceous plant belonging to the Lamiaceae family. It is preferred all over the world as a kitchen herb since it has high nutritional value and low calorific value. It contains several vitamins such as vitamin A, C, B6, thiamine and carotene (Dumbravă et al., 2012). Besides these, basil contains important amounts of micro and macro nutrients. Such nutrients in a plant are vital for proper functioning of plants, animals and humans (Soetan et al., 2010). Basil can be cultivated in a wide range of geographies all over the world, hence can be highly accessible. It is also frequently used in traditional medicine due to its rich secondary metabolites. Basil is rich in phenolics and has many benefits due to its antioxidant, anti-inflammatory, anti-hyperlipidemic, insecticidal and many other effects (Patil et al. 2011; Purushothaman et al. 2018). Besides these advantageous properties, basil has antimicrobial effects, similar to other aroma therapeutic plants (Nascimento et al. 2000). Recent antibiotic resistance problem all over the world drove researches to search for new and alternative antimicrobial agents that can replace synthetic antibiotics, especially for developing countries where access to hospitalization and synthetic drugs constitutes a problem. Several frequently used medicinal plants such as mint, thyme, clove, oregano, rosemary, cinnamon etc. have been tried for their antimicrobial effects (Estelili et al., 2014; Elansary et al. 2016; Sakkas & Papadopoulou 2017; Antolak et al. 2018; Gonelimali et al. 2018). More plants are continuously being tested for their antibacterial activities (Razmavar et al. 2014; Manandhar et al. 2019; Diarra et al. 2020) Basil (*Ocimum basilicum*) is one of the medicinal plants whose extracts and essential oil have been shown to have antibacterial and antifungal properties (Suppakul et al., 2003; Adigüzel et al. 2005; Patil et al. 2011). Ethanolic solvent of basil was tested on diarrhea causing *E. coli* strain and was found to be inhibiting on this bacterium (Shweash et al., 2014). In another study, rosmarinic acid was extracted from the hairy roots of basil and tested on several soil borne microorganisms. This metabolite was found to be inhibiting on especially *Pseudomonas aeruginosa* (Bais et al., 2002). Ethanol, methanol and distilled water extracts of basil was also tested against pathogenic *Staphylococcus aureus* and different *Staphylococci* strains and ethanol and methanol extracts were found to be inhibiting on these bacteria (Okmen & Balpınar 2018). There are many recent researches about nutritional contents of basil (Li et al. 2017; Joshi 2014; Skrypnik et al. 2019) and other medicinal plants such as thyme, clove, mint etc. (Lorenzo et al. 2019; Batiha et al. 2020; Barboza et al. 2018; Janpen et al. 2019), or their heavy metal contents in different conditions (Georgiadou et al. 2018; Zahedifar et al. 2019; Mirosławski & Paukiszto 2018; Adamczyk-Szabela et al. 2017). However, to the best of our knowledge there is no research about the correlation of nutrient content with the microbial inhibitory effect of *Ocimum basilicum*. It is important to collect information about the antibacterial and other medicinal properties of basil so that more conscious cultivation can be performed to ensure the quality of agricultural products having medicinal importance. Therefore, in this study, the correlation of antibacterial activity of whole aboveground parts of basil with the macro and micro nutrients of the plant has been studied.

2. Materials and Methods

The basil plants (*Ocimum basilicum*) were grown in 20 L pots in the laboratory conditions in the Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University. Plant seeds (Miracle, Turkey) were first germinated in viols and transferred to pots after germination to be 10 plants/pot. Peat (Klasmann-Deilmann, Potground H, Germany) was used as the production material in this study. Some specifications of the used peat are: 160-260 mg L⁻¹ N, 180-280 mg L⁻¹ P₂O₅, 200-150 mg L⁻¹ K₂O, 80-150 mg L⁻¹ Mg, pH: 6, 70% organic matter, and 35% C. The plants were watered once a week and harvested after about four months. Freshly harvested aboveground parts of the plants were washed with pure water, dried as a whole at 65°C for 48 hours and then grinded. Elemental analyses were carried out on the dry grinded plant material by using ICP-OES device according to Kacar and İnal (2010) in Tekirdağ Namık Kemal University Central Laboratory (NABILTEM). Triplicate measurements were taken. Moreover, 20 g of the grinded dry basil was mixed with 500 mL of 96% ethanol (Merck, Darmstadt, Germany) and the solid-liquid extraction was carried out with a Soxhlet apparatus for 8 hours. Later, the extract was evaporated using a rotary evaporator. The liquid phase obtained from the total evaporation of ethanol was tested against four strains of bacteria. The reference strains of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Eenterococcus faecium* were obtained from Turkish Republic General Directorate of Public Health, Ankara, Turkey and Middle East Technical University, Ankara,

Turkey. The bacteria were grown on blood agar containing 5% sheep blood. Bacterial cell concentrations were adjusted to 0.5 McFarland using sterile saline solution, and inoculated on Mueller-Hinton agar plates using sterile cotton swabs under aseptic conditions. The antibacterial activity of *Ocimum basilicum* extracts were tested using agar well diffusion method in triplicates (Balouiri et al., 2016) where sterile pipette tips were used to form wells of 8 mm size. 100µL of basil extracts were added to the wells, while 10µg of Gentamicin sulphate (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Germany) was used as the standard antibiotic agent. Gentamicin is a broad spectrum aminoglycoside antibiotic which binds to the 30S ribosomal subunit of bacteria and therefore interferes with protein synthesis. The plates were kept at $37 \pm 0.1^\circ\text{C}$ for 24 h in an incubator and afterwards the inhibition zones around the wells were measured in mm as an indicator of antibacterial activity. The triplicate zones of basil extract were compared with the zone of Gentamicin. The results of the experiment was analyzed using SPSS 21 Statistical Software (IBM 2016) using Pearson correlation analysis.

3. Results and Discussion

In this study, the correlation of some micro and macro nutrient elements of whole aboveground parts of the basil plants (*Ocimum basilicum*) grown in laboratory conditions with its antibacterial effect on four different bacteria was investigated. An image of the growth of basil plants in viols belonging to this study can be seen in Figure 1. Whole plants were dried and grinded properly, and some micro and macro nutrient elemental contents were determined with ICP-OES. The amounts of the micro and macro elements determined in basil plants used in this study is given in Table 1.



Figure 1. An image of *Ocimum basilicum* during the germination

Table 1. Some macro- and micro-nutrient elements of *Ocimum basilicum*

	Nutrient Elements	Amount
Macro Nutrients	P (%)	0.3221±0.03
	K (%)	3.529±0.23
	Ca (%)	1.842±3.49
	Mg (%)	0.372±0.04
Micro Nutrients	Fe (mg/kg)	127.43±0.64
	Cu (mg/kg)	7.47±0.03
	Zn (mg/kg)	32.80±0.23
	Mn (mg/kg)	174.10±0.79
	B (mg/kg)	47.83±0.03
Functional Elements	Al (mg/kg)	76.93±1.60

The macro nutrients of *Ocimum basilicum* used in this study are in an acceptable range (Table 1). The basil in this study is rich in micro nutrients when compared with herbaceous perennials stated in the literature (Mills and Jones, 1996)

The correlation between the macro and micro nutrients are given in Table 2. There is a strong positive correlation between phosphorus and potassium, but negative correlation between these two macro nutrients with calcium and magnesium. Potassium is a vital element for plant development and normal biochemical reactions, and it is referred as the quality element as it has crucial roles in quality parameters (Çalişkan & Çalişkan, 2018). It is also known that potassium inhibits calcium absorption (Johansen et al., 1968). Therefore this negative correlation was expected. A similar result was obtained by Dobrin et al. (2018), where they found a strong negative correlation between Mg and K, and strong positive correlation between Mg and Ca in hydroponic system for growing *Ocimum basilicum*.

Table 2. Pearson's correlation coefficients between macro, micro nutrient and functional elements of *Ocimum basilicum*

	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Al
P	1									
K	0.999**	1								
Ca	-.925	-.926	1							
Mg	-.634	-.638	.881	1						
Fe	.976	.974	-.818	-.449	1					
Cu	.618	.622	-.871	-0.999*	.430	1				
Zn	.982	.983	-.980	-.769	.916	.756	1			
Mn	.854	.857	-.988	-.944	.719	.937	.937	1		
B	-.618	-.622	.871	0.999*	-.430	-0.999**	-.756	-.937	1	
Al	.808	.805	-.522	-.056	.918	.036	.681	.384	-.036	1

* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$

The elements with significant amount in basil in this study were detected to be Fe, Cu, Zn, Mn, B and Al. These micro nutrition elements were also detected in the study of Estelili et al. (2014). The aluminum content of basil in the mentioned study was very high (574 mg/kg), while it was 77 mg/kg in this study. The difference may be resulted from the experimental parameters such as the soil and growing conditions. Our study was carried out in controlled lab conditions, whereas in the study of Estelili et al. (2014) the plant materials was collected from markets. The soil of the plant materials collected from markets might have contaminated with Al. The nutrient element determination is therefore important for consumption of plant materials for human. Similarly, micro nutrition elements zinc and copper are positively correlated with potassium and phosphorus. However, when excess Cu and Zn was applied to the soil where *Ocimum basilicum* was grown, it was found that they have adverse correlation with Fe, Mn, P and K (Lajayer et al., 2014). This may show that basil might have a limiting mechanism for uptake of contaminants which are also micro nutrient elements.

The antibacterial effect of basil extract was tested on two Gram negative (*E. coli* and *P. aeruginosa*) and two Gram positive (*S. aureus* and *E. faecium*) bacteria. The agar plate photos are shown in Figure 2, where the zones in the middle of the plate belongs to the standard antibiotic Gentamicin. The inhibition zones were measured in mm and given in Table 3.

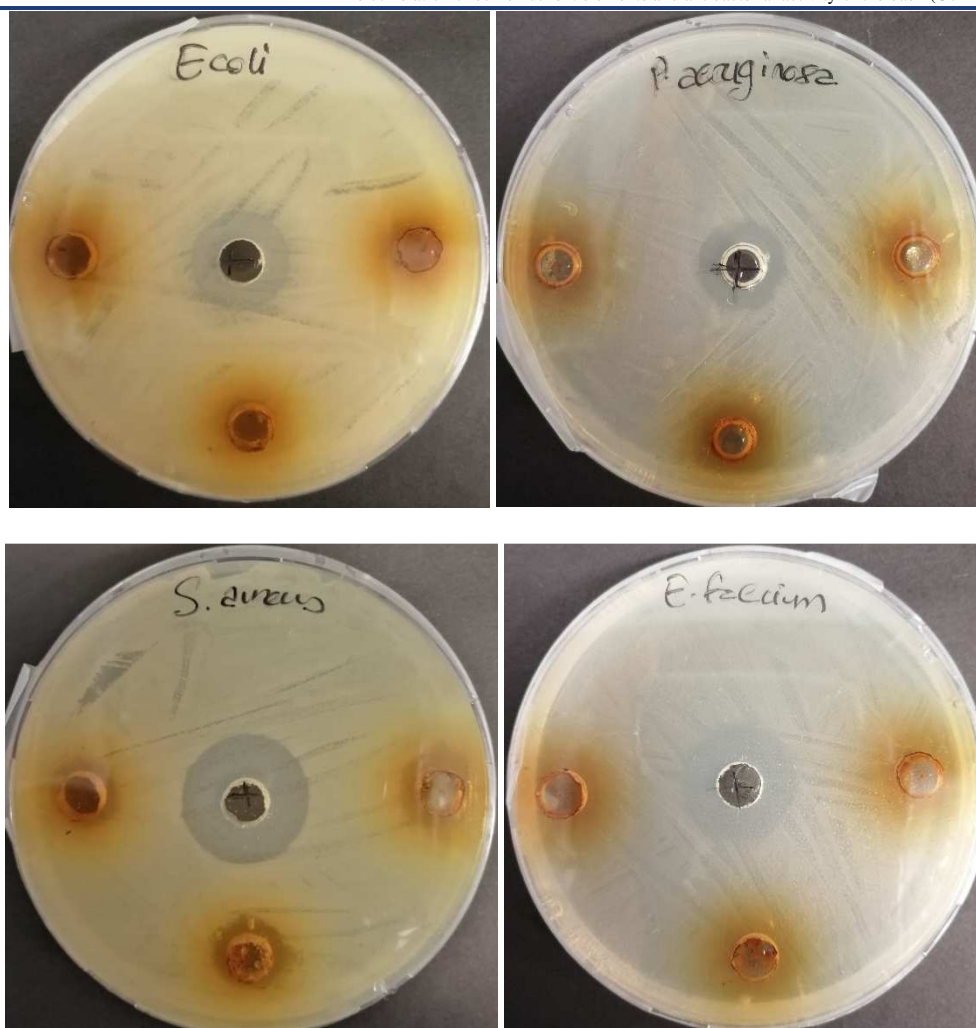


Figure 2. Agar plate images of the *Ocimum basilicum* on different bacteria

Table 3. Antibacterial effect of *Ocimum basilicum* on different bacterial strains

Bacterium	Inhibition zone (mm)	Zone of Gentamicin	Inhibition degree
<i>E. coli</i>	9.67±0.58	18	++
<i>P. aeruginosa</i>	14.33±0.58	16	++++
<i>S. aureus</i>	14.67±1.15	23	+++
<i>E. faecium</i>	13.33±1.15	21	+++

++++ Excellent activity (100% inhibition), +++ Good activity (60-70% inhibition), ++ Significant activity (30-50% inhibition), + Negligible activity (10-20% inhibition), - no activity (<10% inhibition), Gentamicin: standard antibiotic

When compared with the positive control Gentamicin zones, the highest inhibitory effect of basil extract was on *P. aeruginosa*. This is a promising result considering that *P. aeruginosa* is an opportunistic human pathogen and a source of nosocomial infections which may cause death at a high rate (Moradali et al., 2017). A similar result was obtained by the rosmarinic acid extracted from hairy roots of basil and it was highly effected on *P. aeruginosa* (Bais et al. 2002). Except from *P. aeruginosa*, basil extract had good inhibitory activity on Gram positive bacteria. This might result from the presence of an outer membrane in Gram negative bacteria provides an extra barrier, which is lacking in Gram positive bacteria (Delcour 2009). Nevertheless, the antibacterial effect of basil extract on *E. coli* is significant. It is important as *E. coli* is associated with intestinal and extra intestinal

infections and some strains are highly pathogenic (Toval et al. 2014). Even though both *E. coli* and *P. aeruginosa* are Gram negative bacteria, there are some molecular differences between species, caused by the genetic background. For instance, the composition in surrounding biofilm, the biomolecules produced by the organisms, the lipid contents of the membranes may differ. These may cause different reactions of the microorganism to different organic and inorganic molecules (Gugala et al. 2019; Harrison et al. 2007). The correlations between the nutrient elements of basil and the antibacterial activity measure by inhibition zones are given in Table 4. The correlation of boron with *E. coli* and *E. faecium* were strongly positive, and it was mild positive with other two bacteria. Boron is known to be essential for normal growth of plants. Moreover, it is a beneficial element for animal developmental processes, as this element plays role in stabilizing some biochemical molecules, but can be impairing in high concentration (Bolaños et al. 2004; Uluisik et al. 2018). Compounds and derivatives of B were found to be effective as bacterial growth and biofilm inhibitor (Sayin et al. 2016; Sopchenski et al. 2018). A new boron based antibacterial agent was tested on *E. coli* and *P. aeruginosa* and was suggested to have a medicinal potential (Hernandez et al. 2013). The B content of basil can therefore be significant in terms of antibacterial effect, as the present study suggests. Some heavy metals such as Fe, Cu and Zn are essential for bacteria in low amounts, but they are toxic in excess amounts. Bacteria have developed coping mechanisms for toxic heavy metal levels. Gram negative bacteria can be advantageous against heavy metals (Mounaouer et al. 2014). The more positive correlation of the metals with Gram positive bacteria in this study can be explained by the cell wall structure difference. On the other hand, the results revealed that the correlation of the metals, such as Cu, Zn and Mn, with the growth inhibition of *E. coli* growth is less negative than that of *P. aeruginosa*. This results from elevated resiliency of *P. aeruginosa* as it is primarily an environmental organism found in soil and water, while *E. coli* is an enteric bacterium where it does not usually exposed metals in a level that *P. aeruginosa* does (Teitzel et al. 2006).

Phosphorus has a strong positive correlation on Gram positive bacteria this means as the P content of the basil increases, the inhibitory effect of the plant extract on Gram positive bacteria increases. Similar correlation was obtained for K and Gram positive bacteria. However, this group of bacteria has a negative correlation with Ca and Mg contents, stronger for Ca. While Gram positive bacterial growth are mildly negatively correlated with Ca and Mg, Gram negative bacterial growth inhibition is positively correlated with Mg. The difference can be attributed to the different cell wall structures of Gram positive and negative bacteria. Mg ions play a role in cell wall stability and prevention of the cell from lysis in Gram positive bacteria, since Gram positive bacterial cell walls have a high binding affinity for Ca and Mg (Thomas & Rice 2014). Moreover, Mg and Ca were supposed to be more effective on stationary phase *S. aureus* as these ions cause membrane destabilization of the membrane when present in <40 mM (Xie & Yang 2016). In our study the Ca content was greater than 40 mM which explains the negative correlation of Ca amount and antibacterial activity. Therefore, cultivation of basil in neutral pH or slight acidic soils is preferred in order for basil to have more antibacterial activity. On the other hand, Mn and Zn were showed to be strongly and positively correlated with Gram positive bacteria. Zinc deficiency in soil can be up to %30 worldwide and 50% in Turkey. This is a serious problem in plant cultivation (Adiloglu & Adiloglu 2006) and our results suggest that Zn and B should be high for higher antibacterial activity.

Table 4. Pearson's correlation coefficients between the antimicrobial activity and macro and micro nutrient elements of *Ocimum basilicum*

	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Al
<i>E. coli</i>	.372	.367	.010	.482	.566	-.500	.189	-.165	0.99**	-.036
<i>P. aeruginosa</i>	-.618	-.622	.871	0.99*	-.430	-0.99**	-.756	-.937	.500	.847
<i>S. aureus</i>	.990	.989	-.861	-.517	.997	.500	.945	.771	.500	.847
<i>E. faecium</i>	.990	.989	-.861	-.517	.997	.500	.945	.771	0.99*	-.036

* = P < 0.05; ** = P < 0.01

The correlation between the concentrations of the functional element Al with the bacterial growth inhibition is strong positive or very weakly negative, the latter therefore can be neglected. This suggests that as the Al content in basil increases, the inhibitory zones increase. The inhibitory effect of Al on bacteria is already known and it increases with the increasing concentrations (Kurniawan et al., 2018).

4. Conclusions

This study aimed to investigate the correlation between the macro and micro nutrient elements of the basil extract with antibacterial activity of them on four different bacterial strains. The results showed that the basil plant used in this study was rich in some macro, micro nutrients, especially Fe, Zn, Mn, B; and a functional element (Al). The basil extract was significantly effective on inhibiting bacteria in this study, whose pathogenic strains and are responsible for nosocomial infections. The macro and micro nutrition elements might be the reason of antibacterial activity along with the phenolic content of this medicinal plant. Especially B was found to be positively correlated with the antibacterial activity of the basil plant. As the B content increases, the antibacterial activity of basil extract is supposed to increase, too. Phosphorus and potassium contents had a positive correlation with antibacterial activity, while calcium and magnesium had negative correlation. Moreover, the micronutrients Mn, Zn, B and Al contents were positively correlated with the antibacterial activity of the basil plant. The difference between Gram positive and Gram negative bacterial cell walls should be taken into account together with the elemental composition of the basil extract. Even though the antibacterial activity tests revealed that basil extract is effective on both Gram positive and Gram negative bacteria, the correlation analysis of the nutritional elements, this extract can be more preferred against Gram positive bacteria, especially when the Fe, Cu, Zn, Mn levels are high. Supplementary pharmaceuticals can be produced using the extracts of basil and similar plants. The investigation of the macro and micro nutrients with the antibiotic activity is important as basil and many other medicinal plants are frequently used in traditional medicine especially in developing countries. Basil and its extracts can be used as antibacterial agents, too. However, the metal contents of the extracts should be taken into consideration for medicinal products. The results also suggest the importance of the properties and contamination status of soils where the medicinal plants are grown as their correlation affect the antibacterial activity.

References

- Adamczyk-Szabela, D., Romanowska-Duda, Z., Lisowska, K., & Wolf, W. M. (2017). Heavy Metal Uptake by Herbs. V. Metal Accumulation and Physiological Effects Induced by Thiuram in *Ocimum basilicum* L. *Water, Air, and Soil Pollution*, 228(9). <http://doi.org/10.1007/s11270-017-3508-0>
- Adigüzel, A., Güllüce, M., Ütcü, H. Ö., & Fikretin, N. (2005). Antimicrobial Effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) Extract. *Turkish Journal of Biology*, 29(3), 155–160.
- Adiloglu, A., & Adiloglu, S. (2006). *The Effect of Boron (B) Application on the Growth and Nutrient Contents of Maize in Zinc (Zn) Deficient Soil. Bulgarian Journal of Agricultural Science* (Vol. 12).
- Antolak, H., Czyzowska, A., & Kregiel, D. (2018). Activity of *Mentha piperita* L. ethanol extract against acetic acid bacteria *Asaia* spp. *Foods*, 7(10). <http://doi.org/10.3390/foods7100171>
- Bais, H. P., Walker, T. S., Schweizer, H. P., & Vivanco, J. M. (2002). Root specific elicitation and antimicrobial activity of rosmarinic acid in hairy root cultures of *Ocimum basilicum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(11), 983–995. [http://doi.org/10.1016/S0981-9428\(02\)01460-2](http://doi.org/10.1016/S0981-9428(02)01460-2)
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <http://doi.org/10.1016/J.JPHA.2015.11.005>
- Barboza, J. N., da Silva Maia Bezerra Filho, C., Silva, R. O., Medeiros, J. V. R., & de Sousa, D. P. (2018). An overview on the anti-inflammatory potential and antioxidant profile of eugenol. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 1–9. <http://doi.org/10.1155/2018/3957262>
- Batiha, G. E. S., Alkazmi, L. M., Wasef, L. G., Beshbishy, A. M., Nadwa, E. H., & Rashwan, E. K. (2020). *Syzygium aromaticum* l. (myrtaceae): Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities. *Biomolecules*, 10(2), 1–16. <http://doi.org/10.3390/biom10020202>
- Bolaños, L., Lukaszewski, K., Bonilla, I., & Blevins, D. (2004). Why boron? *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(11), 907–912. <http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.11.002>
- Delcour, A. H. (2009, May). Outer membrane permeability and antibiotic resistance. *Biochimica et Biophysica Acta - Proteins and Proteomics*. NIH Public Access. <http://doi.org/10.1016/j.bbapap.2008.11.005>
- Diarra, M. S., Hassan, Y. I., Block, G. S., Drover, J. C. G., Delaquis, P., & Oomah, B. D. (2020). Antibacterial activities of a polyphenolic-rich extract prepared from American cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) fruit pomace against *Listeria* spp. *LWT*, 123, 109056. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109056>
- Dumbravă, D.-G., Moldovan, C., Raba, D.-I., & Popa, M.-V. (2012). *Vitamin C, chlorophylls, carotenoids and xanthophylls content in some basil (Ocimum basilicum L.) and rosemary (Rosmarinus officinalis L.) leaves extracts. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* (Vol. 18). Retrieved from <http://>
- Estelili, Bihter Colak Pekcan, Tulin, Cobanoglu, Ozgur, Aydogdu, Erol, Turan, Sevim, Anac, D. (2014). Bazı Tibbi ve Aromatik Bitkilerin Ağır Metal ve Temel Besin Elementi İçerikleri Essential Plant Nutrients and Heavy Metals Concentrations of Some Medicinal and Aromatic Plants. *Journal of Agricultural Sciences*, 20, 239–247.
- Georgiadou, E. C., Kowalska, E., Patla, K., Kulbat, K., Smolińska, B., Leszczyńska, J., & Fotopoulos, V. (2018). Influence of heavy metals (Ni, Cu, and Zn) on nitro-oxidative stress responses, proteome regulation and allergen production in basil (*ocimum basilicum* L.) plants. *Frontiers in Plant Science*, 9. <http://doi.org/10.3389/fpls.2018.00862>
- Gonelimali, F. D., Lin, J., Miao, W., Xuan, J., Charles, F., Chen, M., & Hatab, S. R. (2018). Antimicrobial Properties and Mechanism of Action of Some Plant Extracts Against Food Pathogens and Spoilage Microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, 9(JUL), 1639. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01639>
- Gugala, N., Vu, D., Parkins, M. D., & Turner, R. J. (2019). Specificity in the susceptibilities of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* clinical isolates to six metal antimicrobials. *Antibiotics*, 8(2), 1–12. <http://doi.org/10.3390/antibiotics8020051>
- Harrison, J. J., Ceri, H., & Turner, R. J. (2007). Multimetal resistance and tolerance in microbial biofilms. *Nature Reviews Microbiology*, 5(12), 928–938. <http://doi.org/10.1038/nrmicro1774>
- Hernandez, V., Crépin, T., Palencia, A., Cusack, S., Akama, T., Baker, S. J., ... Plattner, J. J. (2013). Discovery of a novel class of boron-based antibacterials with activity against gram-negative bacteria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57(3), 1394–1403. <http://doi.org/10.1128/AAC.02058-12>

- IBM. (2016). IBM SPSS Statistics Version 21.
- Janpen, C., Kanthawang, N., Inkham, C., Tsan, F. Y., & Sommano, S. R. (2019). Physiological responses of hydroponically-grown Japanese mint under nutrient deficiency. *PeerJ*, 2019(9). <http://doi.org/10.7717/peerj.7751>
- Joshi, R. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. (sweet basil) from Western Ghats of North West Karnataka, India. *Ancient Science of Life*, 33(3), 149. <http://doi.org/10.4103/0257-7941.144618>
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Plant Analysis*. (N. Yayinevi, Ed.). Ankara.
- Kurniawan, S. B., Purwanti, I. F., & Titah, H. S. (2018). The effect of pH and aluminium to bacteria isolated from aluminium recycling industry. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 154–161. <http://doi.org/10.12911/22998993/86147>
- Lajayer, H. A., Hadian, J., Motesharezhadeh, B., & Ghorbanpour, M. (2014). Assessing different levels of zinc and copper impacts on micro- and macro elements accumulation in various parts of *Ocimum basilicum* L. plant. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 5(2), 105–123.
- Li, H., Ge, Y., Luo, Z., Zhou, Y., Zhang, X., Zhang, J., & Fu, Q. (2017). Evaluation of the chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of distillate and residue fractions of sweet basil essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1882–1890. <http://doi.org/10.1007/s13197-017-2620-x>
- Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A., Gavahian, M., Marszałek, K., Eş, I., Munekata, P. E. S., ... Barba, F. J. (2019). Understanding the potential benefits of thyme and its derived products for food industry and consumer health: From extraction of value-added compounds to the evaluation of bioaccessibility, bioavailability, anti-inflammatory, and antimicrobial activities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2879–2895. <http://doi.org/10.1080/10408398.2018.1477730>
- Manandhar, S., Luitel, S., & Dahal, R. K. (2019). In Vitro Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants against Human Pathogenic Bacteria. *Journal of Tropical Medicine*, 2019, 1–5. <http://doi.org/10.1155/2019/1895340>
- Mirosławski, J., & Paukszto, A. (2018). Determination of the cadmium, chromium, nickel, and lead ions relays in selected polish medicinal plants and their infusion. *Biological Trace Element Research*, 182(1), 147–151. <http://doi.org/10.1007/s12011-017-1072-5>
- Moradali, M. F., Ghods, S., & Rehm, B. H. A. (2017, February 15). *Pseudomonas aeruginosa* lifestyle: A paradigm for adaptation, survival, and persistence. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. Frontiers Research Foundation. <http://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00039>
- Mounaouer, B., Nesrine, A., & Abdennaceur, H. (2014). Identification and characterization of heavy metal-resistant bacteria selected from different polluted sources. *Desalination and Water Treatment*, 52(37–39), 7037–7052. <http://doi.org/10.1080/19443994.2013.823565>
- Nascimento, G. G. F., Locatelli, J., Freitas, P. C., & Silva, G. L. (2000). Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31(4), 247–256. <http://doi.org/10.1590/S1517-83822000000400003>
- Okmen, G., & Balpınar, N. (2018). Cumhuriyet Science Journal CSJ. *Cumhuriyet Science Journal*, 39(3), 573–580. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.17776/csj.356185>
- Patil, D. D., Mhaske, D. K., & Wadhawa, G. C. (2011). Antibacterial and Antioxidant study of *Ocimum basilicum* Labiatae (sweet). *Pharmacy Education*, 112, 104–112. Retrieved from <https://www.speronline.com/japer/Articlefile/18.pdf>
- Purushothaman, B., Prasannasrinivasan, R., Suganthi, P., Ranganathan, B., Gimbin, J., & Shanmugam, K. (2018). A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. *Journal of Natural Remedies*, 18(3), 71–85. <http://doi.org/10.18311/jnr/2018/21324>
- Razmavar, S., Abdulla, M. A., Ismail, S. B., & Hassandarvish, P. (2014). Antibacterial activity of leaf extracts of *Baekkea frutescens* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *BioMed Research International*, 2014, 1–5. <http://doi.org/10.1155/2014/521287>
- Sakkas, H., & Papadopoulou, C. (2017). Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(3), 429–438. <http://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>
- Sayin, Z., Ucan, U. S., & Sakmanoglu, A. (2016). Antibacterial and Antibiofilm Effects of Boron on Different Bacteria. *Biological Trace Element Research*, 173(1), 241–246. <http://doi.org/10.1007/s12011-016-0637-z>
- Shweash, M., Abdulhameed, A., Farhan, Y. M., & Nasser, S. J. (2014). Antimicrobial activity of ethanolic extract of leaves sweet basil (*Ocimum basilicum*) against diarrhea caused by *Escherichia coli* in vitro. *International Journal of Science and Nature*, 5(4), 713–718.
- Skrypnyk, L., Novikova, A., & Tokupova, E. (2019). Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on type and concentration of selenium application. *Plants*, 8(11), 1–13. <http://doi.org/10.3390/plants8110458>

- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200–222. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/ajfs>
- Sopchenski, L., Cogo, S., Dias-Ntipanyj, M. F., Elifio-Espósito, S., Popat, K. C., & Soares, P. (2018). Bioactive and antibacterial boron doped TiO₂ coating obtained by PEO. *Applied Surface Science*, 458, 49–58. <http://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.07.049>
- Teitzel, G. M., Geddie, A., De Long, S. K., Kirisits, M. J., Whiteley, M., & Parsek, M. R. (2006). Survival and growth in the presence of elevated copper: Transcriptional profiling of copper-stressed *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Bacteriology*, 188(20), 7242–7256. <http://doi.org/10.1128/JB.00837-06>
- Thomas, K. J., & Rice, C. V. (2014). Revised model of calcium and magnesium binding to the bacterial cell wall. *BioMetals*, 27(6), 1361–1370. <http://doi.org/10.1007/s10534-014-9797-5>
- Toval, F., Köhler, C.-D., Vogel, U., Wagenlehner, F., Mellmann, A., Fruth, A., ... Dobrindt, U. (2014). Characterization of *Escherichia coli* isolates from hospital inpatients or outpatients with urinary tract infection. *Journal of Clinical Microbiology*, 52(2), 407–18. <http://doi.org/10.1128/JCM.02069-13>
- Ulusik, I., Karakaya, H. C., & Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45, 156–162. <http://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.10.008>
- Xie, Y., & Yang, L. (2016). Calcium and Magnesium Ions Are Membrane-Active against Stationary-Phase *Staphylococcus aureus* with High Specificity. *Scientific Reports*, 6. <http://doi.org/10.1038/srep20628>
- Zahedifar, M., Moosavi, A. A., Zarei, Z., Shafiqh, M., & Karimian, F. (2019). Heavy metals content and distribution in basil (*Ocimum basilicum* L.) as influenced by cadmium and different potassium sources. *International Journal of Phytoremediation*, 21(5), 435–447. <http://doi.org/10.1080/15226514.2018.1537253>

Determination of Nutritional Status of Olive (*Olea europaea* L.) Trees Grown in Izmir and Mugla Province in Terms of Boron and The Other Microelements with Soil and Leaf Analyzes


İzmir ve Muğla İllerinde Yetiştirilen Zeytin (*Olea europaea* L.) Ağaçlarının Bor ve Mikro Elementler Yönünden Beslenme Durumunun Yaprak ve Toprak Analizleri ile Belirlenmesi


Aise DELIBORAN¹, Kerem SAVRAN², Ozgur DURSUN³, Onder ERALP⁴, Tulin PEKCAN⁵, Hatice Sevim TURAN⁶, Erol AYDOGDU⁷, Idris CILGIN⁸, Handan ATAOL OLMEZ⁹, Sule SAVRAN¹⁰, Abdullah Suat NACAR¹¹


Abstract


This study was conducted to determine the nutritional status of olive cultivated land and olive plant in Izmir and Mugla province in terms of boron and other elements. For this purpose, 254 soil samples (0-30 cm depth) and 254 leaf samples were taken simultaneously with GPS coordinates from the olive production areas and analyzed (125 gardens in Datca, Koycegiz, Milas, Ula, Seydikemer districts of Mugla province / 129 gardens in Aliaga, Bayindir, Bergama, Dikili, Foca, Karaburun, Kemalpaşa, Menderes, Menemen, Odemiş, Seferihisar, Selçuk, Tire, Torbalı and Urla district of Izmir province). In the soil samples texture, pH, EC, lime, organic matter, extractable boron, iron, copper, zinc and manganese analysis were done. In the leaf samples total boron, iron, copper, zinc and manganese content were determined. According to the analysis results, the nutritional studies of olive were determined in term of boron and other elements. According to the results of the research, boron contents of the research areas soils ranged between 0.20 and 5.24 mg kg⁻¹ and the average level was determined as 1.21 mg kg⁻¹. In the boron content distribution of the soils in the research area 13.78% is low, 76.38% is sufficient, 9.45% is more and 0.39% is too high. Boron contents of olive leaves ranged between 8.66 and 29.33 mg kg⁻¹ and the average level was determined as 8.66 mg kg⁻¹. In the boron content distribution of the leaves in the research area 85.04%


¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aise Deliboran, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: aisedeliboran@gmail.com  OrcID:0000-0002-0816-9535


²Kerem Savran, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: muzafferkerem.savran@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-9048-4947.


³Ozgur Dursun, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: ozgurdersun47@gmail.com  OrcID: 0000-0001-6849-3946.


⁴Onder Eralp, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: ondereralp@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-3155-2022.


⁵Tulin Pekcan, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: tulhan35@hotmail.com  OrcID: 0000-0002-5534-2548.


⁶Hatice Sevim Turan, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: haticesevim.turan@tarim.gov.tr  OrcID: 0000-0003-4266-7420.

⁷Erol Aydogdu, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: erolaydogdu65@hotmail.com  OrcID: 0000-0001-8682-4227.

⁸Idris Cilgin, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: idriscilgin@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-3080-4371.

⁹Handan Ataol Olmez, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: olmezata@hotmail.com  OrcID: 0000-0003-4577-8804.

¹⁰Sule Savran, Olive Research Institute, University Street No:43 35100, Izmir, Turkey. E-mail: sulematyar@gmail.com  OrcID: 0000-0001-6105-2407.

¹¹Abdullah Suat Nacar, GAP Agricultural Research Institute, Recep Tayyip Erdogan Bulvarı N:106 PK:75 63040 Sanliurfa, Turkey. E-mail: abdullahsuat.nacar@tarimorman.gov.tr  OrcID: 0000-0002-8372-7381.

Atf/Citation: Deliboran, A., Savran, K., Dursun, O., Eralp, O., Pekcan, T., Turan, H. S., Aydogdu, E., Cilgin, I., Ataol Olmez, H., Savran, S., Nacar, A. S. Determination of Nutritional Status of Olive (*Olea Europaea* L.) Trees Grown in Izmir and Mugla Province in Terms of Boron and The Other Microelements with Soil and Leaf Analyzes *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 392-405.

*Bu çalışma BOREN tarafından desteklenen 2015-30-06-20-003 nolu projeden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020

is low, 14.96% is sufficient. Based on the B contents of all soil and leaf samples it was interesting to note that although 85.83% of the soils have sufficient boron, 85.04% of the leaves show boron deficiency, indicating that boron nutritional problems are experienced. Also according to the results of analysis, it was determined that there were no nutritional problems in terms of iron, and that there were serious nutritional problems in terms of boron and zinc. It was determined that nutritional problems in term of manganese and copper slightly. As with all plant species, fertilization programs for olive plant should be established according to soil and leaf analysis result. According to the results of analysis, it is important to give the deficient macro and micronutrients in addition to phosphorus, nitrogen and potassium fertilizers which will be given with basic fertilization.

Keywords: Boron, Plant nutrition, Olive production, Mineral status

Özet

Bu çalışma, İzmir ve Muğla illerinde zeytin yetiştiriciliği yapılan toprakların ve zeytin bitkisinin bor ve diğer elementler yönünden beslenme durumunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla 254 adet toprak (0-30 cm) ve yaprak örneği GPS koordinatlı olarak eş zamanlı alınmış ve analiz edilmiştir (Muğla ilinde: 125 bahçe Datca, Köyceğiz, Milas, Ula, Seydikemer/İzmir ilinde: 129 bahçe Aliğa, Bayındır, Bergama, Dikili, Foça, Karaburun, Kemalpaşa, Menderes, Menemen, Ödemiş, Seferihisar, Selçuk, Tire, Torbalı, Urla). Toprak örneklerinde; tekstür, pH, EC, kireç, organik madde, ekstrakte edilebilir B, Fe, Cu, Zn, Mn; yaprak örneklerinde ise toplam B, Fe, Zn, Mn, Cu analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların bor içerikleri 0.20 ve 5.24 mg kg⁻¹ arasında değişmiş, ortalama bor içeriği ise 1.21 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı toprakları ekstrakte edilebilir B içerikleri bakımından incelendiğinde %13.78'i az, %76.38'i yeterli, %9.45'i fazla ve %0.39'u çok fazla sınıfta yer almıştır. Yaprakların bor içerikleri 8.66 ve 29.33 mg kg⁻¹ arasında değişmiş, ortalama bor içeriği ise 8.66 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı yaprakların bor içerikleri dağılımı ise %85.04'ü az, %14.96'sı yeterli olarak belirlenmiştir. Toprak ve yaprakların bor içerikleri birlikte değerlendirildiğinde toprakların %85.83'nün yeterli bor içermesine rağmen yaprakların %85.04'nün yetersiz bor içermesi ciddi bor beslenme sorunlarının yaşandığını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, demir bakımından beslenme sorunlarının olmadığı, çinko bakımından ciddi, mangan ve bakır bakımından ise azda olsa beslenme sorunlarının yaşandığı görülmektedir. Tüm bitki türlerinde olduğu gibi zeytin bitkisi için gübreleme programları toprak ve yaprak analiz sonuçlarına göre oluşturulmalıdır. Analiz sonuçlarına göre, temel gübreleme ile verilecek fosfor, azot ve potasyum gübrelere ek olarak mikro besin maddelerinin verilmesi önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Bor, Bitki besleme, Zeytin üretimi, Mineral durumu

1. Introduction

Hatay-Maras-Mardin strip is known that native country of olive (*Olea europaea L.*). Olive has wide production areas on the Aegean and Mediterranean coasts and this reason, it carries a distinct economic importance for Turkey and Mediterranean basin countries. Demand of olives increases considerably because of the fruit processed in different ways and the positive effects of oil on human nutrition (Deliboran et al., 2019; 2019a).

According to 2013 data, World crude olive production is 20.3 millions tons in 10.2 million ha area. Spain is the leading country with 7.9 millions tons of production and Italy, Greece and Turkey are followed the Spain with 2.9; 2.0 and 1.7 million ton olive production, respectively (Deliboran et al., 2019).

Olive are generally grown by conventional methods in the Marmara, Aegean, Mediterranean, Southeastern Anatolia and the Black Sea Region of Turkey. There are about 169 million olive trees in Turkey, and 17% of the new plant has not yet reached the yield situation in the garden. Considering the presence of trees, the Aegean Region takes the first place with 83.030.213 trees, followed by the Mediterranean (40.418.083), Marmara (29.754.049), Southeast Anatolia Region (15.254.670) and the Black Sea Region, respectively (Deliboran et al., 2019). The region where olive production is most intense (75%) is being cultivated in many different topography, soil groups and microclimate fields in Canakkale, Balikesir, Izmir, Manisa, Aydin and Mugla in the Aegean Region. There are 24.138.088 table varieties in 997.871 da area, and 58.892.125 oil varieties in 3.417.017 da area, and most of the production is made with oil varieties (Anonymous, 2014).

Based on the presence of trees, it is understood that Mugla and Izmir province 44% of the olive tree presence in the Aegean Region. It has been observed that causes of low yield in the Aegean Region are periodicity, climate events and cultural practise mistakes. On the other hand, it is determined in the research that fertilization is done well and scientific principles are not followed. As a result, average yield of oil varieties decreased to 11 kg tree⁻¹. The aim of the olive farmer should be to increase the yield and quality of olive and to reduce production fluctuations arising from periodicity (Anonymous, 2011); (Deliboran et al., 2019; 2019a); (Doran and Aydın, 1999).

In recent years, as the reason for the increase of olive production in Turkey can be listed that i) improvement of climate conditions, ii) planting of new olive sapling, iii) studies on encouraging olive production. Progress in parallel with positive developments of olive production; these are i) modernization of olive extraction facilities, ii) increased capacity, iii) because of this reason, increase of olive oil quantity and quality (Deliboran et al., 2019; 2019a; 2019b). According to Olive Oil Sector Report (2013); while the average olive oil production was 61 thousand tons before the 1995/96 season, it doubled in the following twelve seasons (1996/1997–2007/2008) to an average of 120 thousand tons. Olive plants which are very important for Turkey's economy, it is more important for the province of farmers and the economy will be carried out the research. In this respect, the studies to be carried out in the region and increasing the yield and especially the quality (nutritional value) of olives will make a major contribution to the national and regional economy.

Especially the trend of the world olive oil consumption in recent years is that the olive oil is produced under high quality and controlled conditions as much as possible. Olive oil producers will need to turn to high quality and qualified olive oil production in order to maintain their current market shares and enter new markets. In the world trade, the importance of olive oil is expected to increase due to the increasing awareness of health and the demand to food produced by controlled means. Increased income and rising living standards will lead to new markets for olive oil. Indeed, world olive oil consumption was 30.611 million tons, consumption of Turkey was 147.800 tonnes, per capitata consumption was 2 kg in 2014 (Anonymous, 2014). Turkey is among the net oil-exporting countries. The highest amount of olive oil exports was 931 tons and 291 million dollars in 2004/05 season. The increase in the demand for olive oil in the world have contributed to the emergence of new export markets for Turkey. In 2012, olive oil was exported to 101 countries. The highest olive oil export was realized to USA with 17 million dollars by years 2012, This was followed by Saudi Arabia with \$ 13 million and Japan with \$ 7.3 million. Exports to these three countries was accounted for 45% of Turkey total exports (Olive Oil Sector Report, 2013). Olive/olive oil production and export is important contribution to the national economy with its place in export. About 400.000 families earn a livelihood from olive farming in Turkey.

Even with the current production amount, the contribution of olive and olive oil to the national economy is not underestimated. However, Turkey is behind some countries in term of quality and exports because of the product obtained from unit area. This is an indication that olive and olive oil production has not reached the desired level yet (Deliboran et al., 2019a). The most appropriate solution to increase agricultural production is to increase the amount of product taken from the unit area. This can only be achieved by balanced fertilization. For this reason, the existing nutritional problems of the production areas should be identified well.

In recent studies, it has been revealed that nutritional problems related to micronutrients are common in the soil of the region. In the survey studies done to determine their nutritional status of Turkey olive groves, it was determined that most deficiency of boron (B), zinc (Zn), potassium (K) and nitrogen (N), respectively (Dikmelik, 1989); (Aksalman et al., 1993); (Doran and Aydin, 1999); Deliboran et al., 2019; 2019a, 2019b). Although micronutrients are taken in small amounts by plants, they have important functions in plant metabolism. B, which is one of the micronutrients. B is one of the absolute micronutrients necessary for plants and its deficiency and toxicity symptoms are common. For this reason, the role of B in plant nutrition is gain a very careful position (Deliboran et al., 2019a).

As a result, increasing olive/olive oil yield and quality is importance for the regional farmer and ultimately for the country's economy. This will only be possible with the determination of the nutritional problems of the existing production areas and fertilization studies according to the results to be obtained. With this study, it was aimed to examine the boron nutritional status of olive groves in Izmir and Mugla province with soil-leaf analysis, to compare the obtained results with reference values and to identify the problems that arise due to various reasons.

2. Materials and Methods

2.1. Research area

The fields of olive growing in Izmir and Mugla province constitute the material of the study. In November and December 2015, soil and plant samples were taken simultaneously from 254 different olive groves to represent the region. The number of soil and plant samples and production areas are given in Table 1.

Table 1. The number and distribution of sample

Countries		Soil Samples	Distribution of Soil Samples	Leaf Samples	Distribution of Leaf Samples
		(piece)	(%)	(piece)	(%)
Mugla	Datca	2	1.60	2	1.60
	Koycegiz	4	3.20	4	3.20
	Milas	80	64.00	80	64.00
	Ula	9	7.20	9	7.20
	Seydikemer	30	24.00	30	24.00
Izmir	Aliaga	9	6.98	9	6.98
	Bayindir	23	17.83	23	17.83
	Bergama	12	9.30	12	9.30
	Dikili	8	6.20	8	6.20
	Foca	2	1.55	2	1.55
	Karaburun	4	3.10	4	3.10
	Kemalpasa	10	7.75	10	7.75
	Menderes	9	6.98	9	6.98
	Menemen	3	2.33	3	2.33
	Odemis	8	6.20	8	6.20

Seferihisar	7	5.43	7	5.43
Selcuk	10	7.75	10	7.75
Tire	5	3.88	5	3.88
Torbali	12	9.30	12	9.30
Urla	7	5.42	7	5.42
Total	254	100.00	254	100.00

2.2. Sampling method, selection of sampling sites and taking soil samples

In November-December, the leaf samples were plucked from the one-year branches coming from the middle part of the tree crown with stems including a total 50 piece. The leaf sample were taken different trees to represent the garden from 4 different sides of the trees, namely East, South, West and North. Soil samples were taken simultaneously from 0-30 cm depth. Sampling was carried out in GPS coordinates.

2.3. Preparation of samples for laboratory analysis

Soil samples brought to the laboratory, stone and plant particles were extracted and spread on clean packaging paper and allowed to air dry. The dried soils were forged with wooden mallets, passed through a 2 mm steel sieve, put into glass jars, labeled and made ready for analysis. Leaf samples brought to the laboratory were first washed with tap water, then with 0.1 N HCl and deionized water 2 times, then the excess water was taken with drying paper and dried in air circulation drying cabinet at 70 °C for 48 hours (until constant weight) and milled in tungsten coated mill prepared for analysis.

2.4. Soil analyzes

Texture (sand, silt and clay fractions of soil samples) were determined by hydrometer method, according to Tuzuner (1990). Soil reaction (pH) was determined by pH meter from 1: 2.5 ratio of soil + pure water mixture, according to Tuzuner (1990). Electrical conductivity ($EC \times 106 \mu\text{mhos cm}^{-1}$) was measured using electrical permeability instrument from 1:5 ratio of soil: pure water mixture, according to Tuzuner (1990). Lime ($\text{CaCO}_3\%$) was determined as volumetric by Scheibler calcimetry, according to Tuzuner (1990). Organic matter (OM) (%) was determined by Walkey-Black method according to Tuzuner (1990). Available calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), potassium (K) were determined by ICP-OES (Varian-Vista) from extracted with 1 N ammonium acetate (pH 7.0) as reported by Tuzuner (1990). Available phosphorus (P) was determined by Olsen (1972)'s NaHCO_3 method (Kacar, 1982). Available iron (Fe), Zn, manganese (Mn) and copper (Cu) were determined by ICP-OES (Varian-Vista) after extraction with 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA (pH 7.3) according to Lindsay and Norvell (1978) (Kacar, 1982). Available B was determined by the hot water extraction method according to Gupta (1967), and Gestring and Soltanpour (1981).

2.5. Plant analysis

After the samples are brought to the laboratory, the samples were washed with first the tap water, 0.1 N HCl and 2 times deionized water, respectively. Then the excess water is taken with drying paper. The samples were made ready for analysis by drying in air circulating cabinet at 70 °C for 48 hours (until constant weight) and grinded in tungsten coated mill. 0.3 g of the milled plant parts were taken and dissolved in 5 ml 65% HNO_3 and 3 ml dH_2O in a closed system microwave device (Cem Mars Xpress), the final volumes were completed to 25 ml with ultra deionized water and filtered through blue band filter paper. The concentration of B and other nutrients in filtrates was determined by ICP-OES (Varian, Vista). Measurements of mineral concentrations were checked with certified values of the relevant minerals in the reference plant materials obtained from the National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, MD, USA).

3. Results and Discussion

3.1. Some physical and chemical properties of soils

3.1.1. Texture

Sand, clay, silt content of the soils are ranged between 19.52-83.68%, 0-58.88%; 2.72-65.76% respectively (Table 2). According to Anonymus (1951) 39.76% of the soil is sandy loamy (SL), 14.96% is loamy (L), 17.72% is clayey loamy (CL), 15.75% is sandy clayed loam (SCL), 9.06% is clayed (C) and 2.36% is sandy clayed (SC) (Table 4). Olive shows better development in well-ventilated, low ground water, L, CL, SL soils (Kacar and Katkat, 1999), generally in lightly structured soils (34-65% sand, 24-28% clay) (Ozbek, 1981); (Mengel and Kirkby, 1987). Considering that the differently structured soils from sandy to clay are suitable for olive cultivation (Colakoglu, 1985) and considering the texture classes in the study as a whole, it is understood that most of them are light bodied and suitable for olive farming. In some studies conducted to determine the nutritional status of olives, it has been determined that soil is clay-loam in the province of Izmir (Aydogdu, 2011); loam and clay-loam in Gemlik region (Uysal et al., 2011), clay-loam, loam and sand in Armutlu peninsula (Uysal et al., 2016); loam and clay-loam on the Kapidag Peninsula (Saglam et al., 2008); loamy and clayey loam structure in the Derik region (Doran et al., 2008).

Table 2. The lowest, highest and average values of structure, pH, EC, lime and organic matter of soil samples

Values	Structer			pH	EC (dS m ⁻¹)	Lime (%)	OM
	Sand	Clay (%)	Silt				
Lowest	19.52	0.00	2.72	5.12	0.05	1.16	0.86
Highest	83.68	58.88	65.76	8.36	1.16	74.50	5.74
Average	52.26	23.14	24.44	7.14	0.35	14.50	2.24
Basıklık	-0.94354	-0.55736	1.329273	0.017368	0.621149	2.203631	1.802974
Çarpıklık	-0.07611	0.339876	0.666836	-1.06018	0.950915	1.816453	1.118681
Ortanca	52.4	20.32	22.72	7.465	0.3	4.12	2.11
Stds	14.32469	11.3997	9.112166	0.7307	0.204119	19.98332	0.807014
Varyans	205.1968	129.9531	83.03157	0.533923	0.041665	399.3332	0.651271
DK	27.40962	49.25636	37.28309	10.22465	58.14964	137.7925	36.0141

3.1.2. pH

The pH of the soils ranged from 5.12 to 8.36 (Table 2). Within the total area, 50.39% of the soil is mild alkaline, 22.83% is neutral, 22.44% is med acid, 3.94% is alkaline (Table 4). Olive tree can be grown in a wide soil reaction (Ozbek, 1981); (Llamas, 1984); (Hartmann and Lilleland, 1966). Considering that it develops well in slightly acidic (pH 6.5) and slightly alkaline (pH 7.8) soils, and 50.39% of the research area soils are slightly alkaline and 22.83% are neutral, it is understood that the soils of the region is suitable for olive farming in this respect. In order to reduce the pH in the alkaline reaction soils (1.55%), powder sulfur should be applied in the fall, preferably with farm manure or physiological acid fertilizers should be used. In some studies conducted to determine the nutritional status of olives, soils are determined that neutral and medium alkaline in the Western Anatolian Region; a neutral and slightly alkaline in the Gemlik region (Uysal et al., 2011), acid in the Armutlu peninsula (Uysal et al., 2016); light and medium acid in Kapidag peninsula (Saglam et al., 2008); slightly alkaline in the Izmir (Aydogdu, 2011), Derik (Doran et al., 2008) and Urfa region (Soylemez et al., 2017).

Table 3. The lowest, highest and average value of extractable B, Fe, Zn, Cu and Mn

Values	B	Fe	Cu	Zn	Mn
	(mg kg ⁻¹)				
Lowest	0.20	1.62	0.13	0.09	0.96
Highest	5.24	92.81	20.60	9.15	78.60
Average	1.22	17.70	2.40	1.46	16.71
Kurtosis	6.71	2.95	15.13	7.08	5.23

Skewness	1.72	1.79	3.42	2.27	2.02
Median	1.14	9.63	1.70	9.47	16.71
Stds	0.67	17.09	2.59	1.46	14.32
Variance	0.45	291.91	6.69	1.03	12.13
DK	55.47	96.54	107.96	1.32	147.25

3.1.3. EC

EC values ranged from 0.05 to 1.16 dS m⁻¹ (Table 2). According to Anonymous (1951), 100% of the soils were included in the saltless class (Table 4). It can be said that the soil of the research area will not be a problem for olive cultivation in terms of salinity. Olive trees are moderately resistant to salt (Ozbek, 1981); (Llamas, 1984). Kasirga (2009) found that the point where Na-origin salinity damage starts for the Gemlik variety is between 4.0 dS m⁻¹ and 8.0 dS m⁻¹. In some studies conducted to determine the nutritional status of olives, all the soils are in the salt-free class in the Western Anatolian Region (Turan et al., 2013), Izmir (Aydogdu, 2011) and Urfa provinces (Soylemez et al., 2017), in the Kapidag peninsula (Saglam et al., 2008), 96% of olive groves of Armutlu peninsula are in the salt-free class (Uysal et al., 2016). The soluble salt content of olive groves ranged from 0.28% to 0.40% and was mostly determined in the less salty class in the Derik region (Doran et al., 2008).

Table 4. The status and distribution of soils in terms of pH, EC, lime and organic matter

Nutrient	Limits	Evaluation	Number of sample	Distribution
			(piece)	(%)
Structer (Anonymous, 1951)		Sandy Loamy	101	39.76
		Loamy (L)	38	14.96
		Sandy Clayed Loam (SCL)	40	15.75
		Clayed (C)	23	9.06
		Sandy Clayed (SC)	6	2.36
		Clayey Loamy(CL)	45	17.72
		Loam Sandy (LS)	1	0.39
pH	<5.1	Strong acid	1	0.39
	5.1-6.6	Mid acid	57	22.44
	6.6-7.3	Neutral	58	22.83
	7.4-7.9	Mild alkaline	128	50.39
	7.9-8.5	Alkaline	10	3.94
	>8.5	Strong alkaline	0	0.00
EC (dS m ⁻¹) (Anonymous, 1951)	<2.5	Saltless	254	100.00
	2.6-4.5	Brackish	0	0.00
	4.6-6.9	Mesosaline	0	0.00
	7.0-10	High saline	0	0.00
	>10	Extreme saline	0	0.00

Lime (%) (Evliya, 1964)	<2.5	Low	94	37.01
	2.6-5.1	Limy	41	16.14
	5.1-10.1	High	33	12.99
	10.1-20.0	Very high	27	10.63
	>20.0	Extreme	59	23.23
OM (%) (Thun et al., 1955)	0-2	Poor humic	112	44.09
	2-5	Less humic	141	55.51
	>5	Humic	1	0.39

3.1.4. Lime

The lime content of the soils ranged between 1.16-74.50% (Table 2). According to Evliya (1964), 37.01% of the soils were low, 16.14% were limy, 12.99% were high, 10.63% were very high and 23.23% were in the extreme class (Table 4). Olive develops very well in calcareous soils (Kacar and Katkat, 1999). It is known that olives tolerate a wide limit in terms of lime, and olive does not lose anything from their productivity (Colakoglu, 1985). However, it shows the best development in 9-19% so that it contains moderately lime (Hartmann and Lilleland, 1966); (Llamas, 1984); (Mengel and Kirkby, 1987). As a result of the study, 34.40% of olive groves were found to contain low lime. Olive is actually a drought tolerant plant that can grow in a wide soil reaction, tolerates lime. However, purchasing quality and abundant products requires special conditions to be met (Ozbek, 1981); (Llamas, 1984). For this reason, it is thought that it will be beneficial to make the appropriate amount of liming in the areas with low lime in the region. Approximately 60% of the area of the research contains high lime (Table 4). For this reason, it is necessary to choose fertilizers with low lime rates and to apply organic fertilizer applications in these areas with high lime content in chemical fertilization. In some studies carried out to determine the nutritional status of olives, it was determined that 32.84% of the soils are low in the Western Anatolia Region, 29.35% is limy, 19.90% is high and 17.91% is very high lime (Turan et al., 2013); 50% of the lime is rich in Izmir province (Aydogdu, 2011); the majority of the Kapidag peninsula is low calcareous level (Saglam et al., 2008). In the Derik region, CaCO₃ levels vary between 5.03-13.41% and are in the class of lime-rich soils (Doran et al., 2008) and 47.06% in the Urfa region are too lime and 32.35% are too lime (Soylemez et al., 2017) and olive groves do not contain lime in the Armutlu peninsula (Uysal et al., 2016).

3.1.5. Organic matter

Organic matter contents ranged between 0.86-5.74% (Table 2). According to Thun et al. (1955), soils of 44.09% were humus poor, 55.51% is less humus, and 0.39% is humic (Table 4). According to the results of the analysis, the organic matter coverage of olive groves is low and proportionally a great majority of soils fall into the less and less class. Olive loves soils with well-ventilated and sufficient moisture. Barnyard manure creates this environment and increases the effectiveness of commercial fertilizers. Because of this reason, it should be applied to the soil adequately and accurately. In addition, an ideal growing environment should be created by combining the soil with organic and inorganic fertilization (Ozbek, 1981); (Cakir and Cavusoglu, 1988). Special attention should be given to the release techniques, the common use of barn manure and green fertilization to improve the soil organic matter level. Organic matter content of soils in the Western Anatolia Region is 26.37% very low, 58.21% low, 12.44% sufficient and 2.98% high (Turan et al., 2013). It was determined that in Izmir province (Aydogdu, 2011) and Kapidag peninsula (Saglam et al., 2008), all of them are low, in the Gemlik region, 22.7% are few and very little, 47.7% are medium and 29.7% are high and very high (Uysal et al., 2011), 28.9% are low in Armutlu peninsula, 30.9% are medium and 40,2% is determined at a high and very high level (Uysal et al., 2016). While it varied between 1.29-1.98% in the Derik region (Doran et al., 2008), it was changed between 0.37-2.32% in the province of Sanliurfa (Soylemez et al., 2017) and both were reported to be insufficient.

Table 5. The status and distribution of soil in term of microelements

Nutrient	Limits (mg kg ⁻¹)	Evaluation	Number of sample (piece)	Distribution (%)
B	<0.5	Little	35	13.78
	0.5-2.00	Adequate	194	76.38
	2.00-5.00	Much	24	9.45
	>5.00	Too much	1	0.39
Fe	<2.5	Lack	3	1.18
	2.5-4.5	Lack visible	11	4.33
	>4.5	Well	240	94.49
Cu	<0.2	Insufficient	3	1.18
	>0.2	Sufficient	251	98.82
Zn	<0.2	Too little	3	1.18
	0.2-0.7	Little	84	33.07
	0.7-2.4	Sufficient	127	50.00
	>2.4	Much	40	15.75
Mn	<0.2	Too little	0	0.00
	0.2-0.7	Little	0	0.00
	0.7-5	Sufficient	21	8.27
	>5	Much	233	91.73

3.1.6. Extractable B

The extractable B contents of soils ranged between 0.20 to 5.24 mg kg⁻¹ (Table 3). When the extractable B content of soils were evaluated according to Wolf (1971) 13.78% of the soils were classified as low, 76.38% adequate, 9.45% much and 0.39% too much (Table 5). Total B coverage of the soils is between 20-200 mg kg⁻¹ and the available B fraction is between 0.4-5.0 mg kg⁻¹ (Gupta, 1979); (Deliboran and Savran, 2017). If the amount of extractable boron of the soils is less than 0.5 mg kg⁻¹, the amount of boron suitable for the plant is insufficient, and if it is between 0.5-5.0 mg kg⁻¹, the amount of boron suitable for the plant is sufficient (Sillanpaa, 1982); (Deliboran and Savran, 2017); (Deliboran et al., 2019a). In this context, it is considered that the area of the research is sufficient in terms of B content. In some studies conducted to determine the nutritional status of olives, boron content of soils is low in the Western Anatolia Region, 32.84% low, 63.18% sufficient and 3.98% high (Turan et al., 2013). In Izmir province, boron contents of soils ranged between 1.47-5.34 mg kg⁻¹ and 1.15-3.87 mg kg⁻¹ in term of variety and the soils are sufficient class (Aydogdu, 2011). In another study, the boron contents of some olive cultivation areas in Izmir province varied between 0.20 and 5.24 mg kg⁻¹ and it was insufficient in approximately 27% (Deliboran et al., 2019). The B content of olive groves was ranged between 0.37-0.53 mg kg⁻¹ in the Derik region and it was inadequate (Doran et al., 2008), while it was insufficient in 100% in Sanliurfa province (Soylemez et al., 2017).

3.1.7. Extractable Fe, Cu, Zn and Mn

The extractable Fe contents of soils varied from 1.62 to 92.81 mg kg⁻¹. According to the limit values, 1.18% of the soils were lack, 4.33% were lack visible, 94.49% were well class. The extractable copper contents ranged from 0.13 to 20.60 mg kg⁻¹, 1.18% of soils were insufficient, 98.82% were sufficient class. Extractable zinc contents ranged from 0.09 to 9.15 mg kg⁻¹, 1.18% of the soils were too little, 33.07% were little, 50.00% were sufficient and 15.75% were much. The extractable manganese contents ranged from 0.96 to 78.60 mg kg⁻¹, 8.27% of the soils were sufficient, 91.73% were much class (Table 3; 5). When the results are evaluated as a whole, it can be said

that the soil cultivated in the research area is sufficient in terms of manganese and insufficient in terms of iron, copper and zinc. In a study conducted in the Western Anatolian Region in order to determine the nutritional status of olives, approximately 35% of the soils in terms of Fe and Cu contents; 72% in terms of Zn and 11% in terms of Mn are determined in the low and critical class (Turan et al., 2013). In another study, the iron content of the soil in Izmir province varied between 1.43-3.02 mg kg⁻¹ / 1.15-4.13 mg kg⁻¹, respectively for Uslu and Domat olive varieties, and all of them were low and critical. It has been reported that the contents of the extractable Cu, Zn and Mn varied between 1.11-3.31 mg kg⁻¹ / 0.43-2.55 mg kg⁻¹; 0.86-2.66 mg kg⁻¹ / 0.14-2.76 mg kg⁻¹; 0.76-2.71 mg kg⁻¹ / 0.43-1.87 mg kg⁻¹ respectively, and all three elements were in sufficient class (Aydogdu, 2011). In another study conducted in Izmir province, it has been reported that the extractable Fe, Cu, Zn and Mn contents of olive groves were varied between 2.82-92.81 mg kg⁻¹; 0.41-20.60 mg kg⁻¹; 0.36 and 9.15 mg kg⁻¹ and 3.47-78.60 mg kg⁻¹, respectively. In term of iron, copper, zinc and manganese, 94%, 100%, 80% and 99% of soils were sufficient class. It has been reported that zinc feeding problems were experienced in the region (Deliboran et al., 2019b). The content of Fe, Zn, Mn and Cu of olive groves in the Derik region ranged between 6.18-11.3 mg kg⁻¹, 3.14-9.27 mg kg⁻¹; 5.32-8.08 mg kg⁻¹ and 1.63-3.48 mg kg⁻¹, respectively and all of them were identified sufficient class (Doran et al., 2008). In Sanliurfa province, the extractable Fe and Cu contents of the soils varied between 1.92-4.13 mg kg⁻¹ and 0.85-2.30 mg kg⁻¹, respectively and 100% of them were medium and sufficient, Mn and Zn contents ranged between 1.80-6.44 mg kg⁻¹ and 0.18-0.55 mg kg⁻¹, respectively, and it were determined that 100% of soils were too little and little class (Soylemez et al., 2017).

3.2. Plant analysis results

The lowest, highest and average element analysis results of leaf samples are given in Table 6 and microelement content and distribution of leaves are given in Table 7.

Table 6. The lowest, highest and average values of total B, Fe, Cu, Zn and Mn concentrations of leaf samples

Values	B	Fe	Cu	Zn	Mn
	(mg kg ⁻¹)				
Minumum	8.66	23.57	3.06	3.95	8.39
Maximum	29.33	487.68	281.81	39.14	105.13
Average	16.94	120.27	18.105	14.21	27.86

3.2.1. Total B content of olive leaves

Total B content of olive leaves varied between 8.66-29.33% (Table 6) and according to the limit values, 85.04% of the leaves samples were little, 14.96% were adequate class (Table 7). According to Reuters and Robinson (1997) B limit values of olive leaves varies between 20-150 mg kg⁻¹, and according to Jones et al. (1991), it varies between 20-75 mg kg⁻¹. Considering that of 13.78% of the research area soils has boron feeding problems, 86.22% of soils contain adequate, much and too much boron, and 85.04% of the leaves contain little B, it is understood that approximately 86% of the olive grown areas in Izmir and Mugla province has a serious boron nutritional problems (Table 7). Although there is sufficient boron in almost all soils, the lack of boron in 85.04% of the leaves indicates that plant does not benefit from the boron in the soil. In the surveys conducted to determine the nutritional status of our country's olive groves, it was determined that the most B, Zn, K, and N deficiencies were found according to the order of importance (Canozer, 1978); (Dikmelik, 1989); (Genc et al., 1991); (Aksalman et al., 1993); (Tekin et al., 1994). (Doran and Aydın, 1999); (Deliboran et al., 2019); According to Deliboran et al. (2019) in a study conducted in the olive groves of Izmir province, the total boron content of leaves varied between 8.66-24.23%; although 27.13% of soils contained a low level of boron, approximately 78% of leaves were little class, it was understood that there was a serious problem of boron nutritional in Izmir province. It is thought that boron fertilizer applications should be made especially in the regions with boron deficiency. Ozbek (1981) reported that it may be inconvenient to apply to fruit trees with boron deficiency due to the fact that this element is very close to the boundary where the deficiency boundary and the poison effect, so that the desired boron levels in fruits and leaves

can be achieved by spraying boron from the leaf. He reported that the boron deficiency in boron or boric acid solution could be eliminated by spraying the leaves at a concentration of 0.15-0.24% in many fruit species. Perica et al. (2001a) investigated the boron movement, mannitol and glucose concentrations in different organs of the Manzanillo olive cultivar in yield age and the effects of change of B application on soluble carbohydrates using labeled B. They reported that after application from leaves of various ages treated with 10B application, there was a significant 10B output and a significant 10B increase occurred in neighboring organs that did not apply in inflorescences and fruits. The results proved that B can be carried from leaves of different ages and that B, which is applied from the leaves in olives, is portable in phloem. Soluble carbohydrate analysis found that mannitol and glucose were the dominant sugars in all organs analyzed and that the concentration of mannitol in the leaves was sufficient to calculate the entire B transport.

3.2.2. Total Fe, Cu, Zn and Mn

The total Fe, Cu, Zn and Mn contents of olive leaves ranged between 23.57-487.68%; 3.06-281.81%; 3.95-39.14%; 8.39-105.13%, respectively (Table 6). Distribution of olive leaves in terms of Fe content were 1.18% little, 98.82% adequate class; in terms of Zn content, 66.54% little, 33.46% adequate and much; in terms of Mn contents, 20.08% little, 79.92% adequate and much; in terms of Cu contents 10.63% little, 89.37% adequate and much (Table 7). Considering that 5.51% of the soil samples were lack and lack visible class (Table 5) and 1.18% of the leaf samples were little class (Table 7), it is understood that there is a small feeding problem in terms of Fe. In term of Zn considering that 34.25% of the soils were too little and little class (Table 5) and 66.54% of the leaves were little class (Table 7), it is understood that serious Zn nutrition problems are observed. In terms of Cu, 1.18% of the soil were insufficient (Table 5) and 10.63% of the leaves were little class (Table 7), in terms of Mn, 100% of the soil were sufficient (Table 5) and 20% of the leaves were little, it is understood that there is small Cu and Mn nutritional problems in the research province. According to Deliboran et al. (2019), the total Fe, Cu, Zn and Mn contents of the leaves were ranged between 23.57-201.25%; 3.06-169.52%; 3.96-35.73%; 8.39-105.13%, respectively. The researchers said that there were a serious nutritional problems of Cu, Mn and Zn, 7%, 17% and 64%, respectively and there were not nutritional problems of Fe.

Table 7. Micro elements status and distribution of leaf samples

Nutrient	Limit (%)	Evaluation	Number of sample	Distribution (%)
B	<20	Little	216	85.04
	20-150	Adaquate	38	14.96
	150<	Much	0	0.00
Fe	<30	Little	3	1.18
	30-40	Adaquate	7	2.76
	40<	Much	244	96.06
Zn	<15	Little	169	66.54
	15-30	Adaquate	82	32.28
	30<	Much	3	1.18
Mn	<20	Little	51	20.08
	20-35	Adaquate	156	61.42
	35<	Much	47	18.50
Cu	<4	Little	27	10.63
	4-10	Adaquate	184	72.44
	10<	Much	43	16.93

4. Conclusions

In this study, the boron nutritional status and some properties of olive cultivated areas in Izmir and Mugla provinces were examined, and the effects of the obtained results on olive farming were evaluated.

According to the results of the research; the vast majority of the research area soils have sandy loamy and clayey loamy structure, the content of organic matter is low. Soils with mild alkaline, neutral and mid acid properties are included in the saltless class. Considering that the olive tree can be grown in a wide soil reaction and shows good development in slightly acidic and slightly alkaline soils, it is seen that the territory of the region is suitable for olive farming in this respect. Since the vast majority of the research area soils contain high lime, particular care should be taken in selecting fertilizers with low lime rates in chemical fertilization. Considering that olives love soils with good air and sufficient moisture, the manure that creates this environment and increases the efficiency of its commercial fertilizers should be applied to the soil adequately and correctly. Also, an ideal growing environment should be created by combining the soil with organic and inorganic fertilization. Special attention should be paid to release techniques, widespread use of barn manure and green manure to improve its level. When the research results are evaluated as a whole in terms of boron, zinc, iron, copper and manganese, it is understood that there are serious nutritional problems in terms of B and Zn. It was also determined that there were nutritional problems, although not very serious in terms of Fe, Cu and Mn. Although 86.22% of the soils contain sufficient boron, the lack of boron in 85% of the leaves indicates that the plant does not benefit from boron in the soil. In this context, in order to eliminate these nutritional problems in the research area, particular importance should be given to boron, zinc, copper, iron and manganese fertilization.

It is thought that the fruit boron deficiency should be applied precisely from the soil due to the fact that this element is very close to the boundary deficiency and the poison effect of this element. Also it is thought that the desired level of the leaves in fruits trees can be achieved more easily by spraying the boron from the leaf due to the fact that the boron applied from the leaf can easily be carried in the phloem. Considering the results of this study carried out in Izmir and Mugla, it is understood that effective fertilization program, method and time are extremely important. It is thought that quality and high-efficiency production in olive farming can be possible with balanced fertilization, organic fertilizer addition and other technical applications meticulously.

References

- Aksalman, A., Dikmelik, U., Puskulcu, G., Ozgen, N. (1993). Determination of the nutritional status of the olives of Aydin region. Final Report, Olive Research Station, Izmir, Turkey.
- Anonymous, (1951). Soil Survey Manuel. Agricultural Research Administration, Department of Agriculture Handbook, No:18, Gount Point Office Washington, USA, 340-377.
- Anonymous, (2011). <http://www.tuik.gov.tr> (accessed date: 29.03.2015)
- Anonymous, (2014). <http://www.internationaloliveoil.org>. (accessed date: 01.05.2015)
- Aydogdu, E. (2011). *Nutrient content of leaves in Domat and Uslu olive varieties and investigation of their seasonal changes*. (Master Thesis) Cukurova University. Institute of Science, Soil Science and Plant Nutrition Department, Adana, Turkey.
- Canozar, O. (1978). *Nutrient elements status and soil-plant relationship of major olive varieties in the Aegean region*. (Specialization Thesis) Olive Research Institute, Bornova, Izmir.
- Cakir, M., Cavusoglu, A. (1988). Modern Olive. T.O.K.B. Publication No: 1, Ankara, Turkey.
- Colakoglu, H. (1985). Fertilizer and Fertilization. Ege University, Agriculture Faculty Duplication, 17:1. Bornova, Izmir, Turkey.
- Deliboran, A., Savran, S. (2017). Boron, its importance in plant physiology and its use in fruit trees. *5th International Participation of Soil and Water Resources Congress*. 12-15 September, Kirklareli, Turkey.
- Deliboran, A., Savran, K., Dursun, O., Eralp, O., Pekcan, T., Turan, H.S., Aydogdu, E., Cilgin, I., Ata Olmez, H., Savran, S., Ozturk Gungor, F., Yildirim, A., Nacar, A.S. (2019). Determination of nutritional status of olives (*olea europaea* l.) grown in mugla province in terms of boron and other elements, leaf and soil relations. *IJAAES International Journal of Anatolia Agricultural Engineering* ISSN: 2667-7571, (Private No 1): 126-140.
- Deliboran, A., Savran, K., Dursun, O., Eralp, O., Pekcan, T., Turan, H.S., Aydogdu, E., Cilgin, I., Ata Olmez, H., Savran, S., Nacar, A.S. (2019a.). Determination of nutritional status in terms of boron and the other elements of olives (*Olea europaea* L.) grown in Izmir province. *International Sempodium on Boron*. 17-19 April, Nevsehir, Turkey.
- Deliboran, A., Savran, K., Dursun, O., Eralp, O., Pekcan, T., Turan, H.S., Aydogdu, E., Cilgin, I., Ata Olmez, H., Savran, S., Ozturk Gungor, F., Yildirim, A., Nacar, A.S. (2019b). Determination of Nutritional Status of Olives (*Olea europaea* L.) Grown in Mugla Province in Terms of Boron and Other Elements, Leaf and Soil Relations. *6. International Participant Soil and Water Congress*. 12-14 November, Menemen, Izmir, Turkey.
- Dikmelik, U. (1984). A research on the determination of grain and pruning residues and nitrogen, phosphorus, potassium amounts removed from the soil in nipple olive trees of different ages. Olive Research Institute, Publication No: 31, Bornova, Izmir, Turkey.
- Doran, I., Koca, Y.K., Pekkolay, B., Mungan, M. (2008). Determination of the nutritional status of Derik region olive groves. *Journal of Akdeniz University Faculty of Agriculture* 21(1): 131-138.
- Doran, I., Aydın, R. (1999). Determination of the nutritional status of the Icel region olive groves. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute* 9 (1): 105-130.
- Evliya, H. (1964). Nutrition of Cultivated Plants. Publications of Ankara University, Agriculture Faculty, No: 36, Ankara, Turkey.
- Genc, C., Moltay, I., Soyergin, S., Fidan, A.E., Sutcu, A. (1991). Nutritional status of table olives in Marmara region. *Bahce, Yalova* 20: 1-2.
- Gestring, W.D. Soltanpour, P.N. (1981). Evaluation of wet and dry digestion methods for boron determination in plant samples by ICP-AES. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 12: 743-753.
- Gupta, U.C. (1967). A simplified method for determining hot water-soluble boron in soils. *Soil Science* 103: 424-428.
- Gupta, U.C. 1979. Boron nutrition of crops, *Adv. Agronomy* 31: 273-307.
- Hartmann, H.T., Lilleland, O. (1966). Olive Nutrition Temperate to Tropical Fruit Nutrition (Ed: N. F. Childers) Hort. Pub. Rutgers, Chapter X. The State University, New Jersey.
- Jones, J.R. Wolf, B., Mills, H.A. (1991). Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Athens, GA. Micro-Macro Publishing.
- Kacar, B. (1982). Fertilizers and Fertilization Technique. T.C. Ziraat Bank Cultural Publications, Ankara, Turkey.
- Kacar, B., Katkat, A.V. (1999). Fertilizers and Fertilization Technique. Uludag University Strengthening Foundation Release, No. 144, VIPAs, Publication No: 20, Bursa, Turkey.
- Kasirga, E. (2009). Investigation of the effects of salinity on Gemlik olives (*Olea europaea* L.) cultivar. Adnan Menderes University, Institute of Science, ZTO-YL-2009-0003.
- Lindsay, W. L. Norwell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 421-428.
- Llamas, J. F. (1984). Basis of fertilization in olive cultivation and the olive trees vegetative cycle and nutritional needs. International Course on Fertilization and Intensification of Olive Cultivation, UNDP-FAO, Cordoba-Spain.
- Mengel, K., Kirkby, A. (1987). Principles of Plant Nutrition. I.P.I. CH. 3048, Worblaufen-Bern.

- Olive Oil Sector Report (2013). ISBN: 978-605-9175-57-9.
- Olsen, S. (1972). Micronutrient interactions, micronutrients in agriculture. *Soil Science Society of America Ine Madison, Wisconsin USA*, 243-264.
- Ozbek, N. (1981). Fertilization of Fruit Trees. T.O.K.B. 280 p, Ankara, Turkey.
- Perica, S, Bellaloui, N., Greve, C., Hu, H., Brown, P.H. (2001a). Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive.. *Journal of American Society Science* 126(3): 291-296.
- Reuter, D.J., Robinson, J.B. (1997). Plant Analysis and Interpretation Manual. CSIRO Publishing. ISBN: 643059385, Collingwood, VIC, Australia.
- Saglam, M.T., Bellitürk, K., Hazinedar, N., Danisman, F. (2008). Nutritional status of Kapıdağ peninsula olive groves. *Selçuk University, Journal of the Faculty of Agriculture* ISSN: 1300-5774, 22(44): 118-123.
- Sillanpää, M. (1982). Micronutrients and the Nutrient Status of Soils. A Global Study. FAO Soils Bulletin No:48, Rome.
- Soylemez, S., Oktem, G., Kara, H., Almaca, N.D., Ak, B.E., Sakar, E. (2017). Determination of the nutritional status of the olive groves of Sanliurfa region. *Harran Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 21(1): 1-5.
- Tekin, H., Caglar, G., Kuru, C., Akkok, F. (1990). Determination of the nutritional content of pistachios and determination of the most appropriate leaf sample time. *1. Turkey Pistachio Symposium Proceedings*. 11-12 September, P. 120-138, Turkey.
- Thun, R., Hermann, R., Knickman, E. (1955). Die Untersuchung Von Boden Neuman Verlag, Radelbeul und, p: 48-48, Berlin.
- Turan, H.S., Aydogdu, E., Pekcan, T., Colakoglu, H. (2013). Relationships of olive groves in West Anatolia region of Turkey. Copyright © Taylor & Francis Group, LLC ISSN: 0010-3624 print / 1532-2416 online DOI: 10.1080/00103624.2012.734133, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44: 80-88.
- Turan, H.S., Aydogdu, E., Pekcan, T., Colakoglu, H. (2013). Soil and plant relationships olive groves in West Anatolia region of Turkey. *Soil, plant and Food Interactions* 473-481.
- Tuzuner, A. (1990). Soil and Water Analysis Laboratory Handbook. Ankara.
- Uysal, E., Albayrak, B., Soyergin, S. (2011). Determination of nutritional status of olives grown in Gemlik region by soil analysis. 2nd National Soil and Water Resources Congress, 22-25 November Ankara, p: 887-895.
- Uysal, E., Albayrak, B., Kayali, F., Karakoc, A. (2016). Determination of the relationship between yield and some soil properties in olive groves grown in Armutlu region. *Nevşehir Journal of Science and Technology TARGID*, Special Issue 19-31 DOI: 10.17100 / nevbiltek.210955 URL: <http://dx.doi.org/10.17100/nevbiltek.210955>.
- Wolf, B. (1971). The Determination of boron in soil extracts, plant materials, composts manures, water and nutrient solutions. *Communications in. Soil Science and Plant Analysis* 2: 363-374.

Investigating the Effect of Managing Scenarios of Flow Reduction and Increasing Irrigation Water Demand on Water Resources Allocation Using System Dynamics (Case Study: Zonouz Dam, Iran)


Sistem Dinamiği Kullanılarak Akış Azaltma ve Sulama Suyu Talebinin Artırılması Senaryolarının Su Kaynakları Tahsisi Üzerine Etkisinin Araştırılması (Örnek Çalışma: Zonouz Barajı, İran)


Mohammad Taghi SATTARI^{1*}, Rasoul MİRABBASI², Hossein DOLATI³, Fatemeh Shaker SUREH⁴, Sajjad AHMAD⁵


Abstract


Meeting the healthy nutrition needs of the increasing population in the arid and semi-arid climates of the different regions of the world such as Iran has become very important for the agriculture ministry and water resources managers. In this study, the system dynamics approach was used in the Vensim software environment to allocate the water of the Zonouz dam reservoir for irrigation purposes in the northwest of Iran. For this purpose, the existing surface water resources in the basin and the amounts of agricultural water and environmental water demands were determined and a water allocation plan was developed. In the first stage of the study, it was found that if the existing water resources and demands will not change, the amount of water stored in the reservoir will provide approximately 91% of irrigation water demands and approximately 99% of environmental water needs. The model created in the study was found to be sensitive to reservoir inputs and irrigation water demands. Within the scope of this study, the impact of two different scenarios that may occur as a result of climate change and irrigation management in the operation of the reservoir was evaluated. The decrease in the amount of water entering the reservoir in the first scenario and the increase in irrigation water needs in the second scenario are assumed within the next 10 years. According to the simulation results of the first scenario, irrigation water demands will not be met sufficiently with the decrease in the amount of water to be stored in the reservoir due to the decrease in the amount of water entering the reservoir in the next 10 years. According to the results of the second scenario, in the next 10 years due to possible climate change or if the cultivated area increases due to some new agricultural policies; The amount of water stored in the reservoir will not meet the irrigation demands and there will be water shortage in the system. In this case, it is necessary to make changes in irrigation water management and use new irrigation systems to save water. Based on the findings of the study, it has been observed that the impact of all types of irrigation water policies can be successfully evaluated within the scope of the system dynamics approach.


Keywords: Water resources allocation, System dynamics, Vensim, Zonouz Dam, Iran.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mohammad Taghi Sattari, University of Tabriz, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz, Iran. E-mail: mtsattar@gmail.com  OrcID: 0000-0002-5139-2118

² Rasoul Mirabbasi, University of Shahrekord, Department of Hydraulic Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord, Iran. E-mail: rasoul.mirabbasi@gmail.com  OrcID: 0000-0002-9897-0042.

³ Hossein Dolati, Maragheh Branch of Islamic Azad University, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Maragheh, Iran. E-mail: hussin66@yahoo.com  OrcID: 0000-0000-0000-000X.

⁴ Fatemeh Shaker Sureh, University of Tabriz, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz, Iran. E-mail: fatemeh.shaker@ymail.com  OrcID: 0000-0002-0431-378X.

⁵ Sajjad Ahmad, University of Nevada, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Las Vegas, United States E-mail: sajjad.ahmad@unlv.edu  OrcID: 0000-0002-9903-9321.

Atif/Citation: Sattari, M. T., Mirabbasi, R., Dolati, H., Sureh, F. S., Ahmad, S. Investigating the Effect of Managing Scenarios of Flow Reduction and Increasing Irrigation Water Demand on Water Resources Allocation Using System Dynamics (Case Study: Zonouz Dam, Iran). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 406-421.

1. Introduction

Increasing population growth and water use, over-cutting of trees and forests, changing the ecosystem of nature, urban development and pollution production, inappropriate and unskilled agricultural practices are among the factors that cause disruption of the regular water cycle of the planet, which is a serious threat to human society. The arid and semi-arid climate covers a large area of land in Iran and naturally faces many constraints in terms of water resources (Abdi et al., 2017). On the other hand, all available water resources in Iran are not usable and a high percentage of them are salty water (Mirabbasi and Eslamian, 2010). Regarding the unique role of water as an essential element in the economic development of the country, controlling and optimizing the use of existing water resources is of great importance. Since the construction of water facilities requires high costs, neglecting the proper utilization of the land does not only ensure the expected profit from the establishment of the facility, but also, on a grand scale, causing the loss of initial capital and environmental degradation is possible. Lack of systemic attitude in water resources development projects in the country's water basins and allocation of water resources development plans in isolation and point-to-point, regardless of the interactions of water resources development projects in a basin, will be caused big challenges at the basins and the wasting of national treasures. Problems due to population growth and development in how allocated water resources be more complicated day by day, and finding appropriate require better thinking. Available water resources across the globe are used extensively, and population growth and climate change imposes tensions on these vital resources (Baron et al., 2002; Jackson et al., 2001). In order to put together these complex and interrelated components and interact with them and think of ways to manage water resources, it is necessary to develop methods that, in addition to the analysis of the system, can simulate the system as it presents a rough idea of what actually happened or will happen. The science of System Dynamics (SD) makes this possible. Modeling the change in water resources over time dynamically provides a scientifically valid basis for water management strategies (Vines, 2009). System dynamics methods are simple and effective compared to other systems analysis methods and do not require complex mathematics in the system description. The attractiveness of this method is to increase the speed of creating a model, the possibility of group development of models, and the ability to easily modify the model in response to changes in the system (Simonovic and Ahmad, 2002). Also, in this approach, the validity of the model can be measured by various methods such as sensitivity analysis and linear tests. System dynamics analysis is used as a method based on systems thinking to study and improve learning in relation to complex systems. The purpose of this method is to understand the nature of a dynamic occurrence and attempt to implement policies and manage that event (Saysel et al., 2002). This method was originally developed by Forrester in 1950 to better understand the strategic issues in complex dynamic systems (Forrester, 1961). This method predicts the behavior of system by considering the relationships among its components. These patterns are a way of understanding the behavior of complex systems over time. What distinguishes system dynamics from other methods is the use of feedback loops and rate and state variables that help in understanding the behavior of the system. The basis of this method is to recognize the structure of the system (nonlinear relationships, delays, and feedbacks) in determining the behavior of the system in terms of the recognition of each component (Forrester, 2007). The system dynamics has so far been used in various scientific fields such as the environment (Feng et al., 2013; Ding et al., 2016), sustainable development issues (Yang et al., 2015), environmental management (Dace et al., 2014), environmental and ecological modeling (Weller et al., 2014) etc. The first model of system dynamics for urban water management has been developed by Grigg and Bryson (1975) and Grigg (1997). They analyzed the dynamics of water resources in the Fort Collins metropolitan area. Keyes and Palmer (1993) used the SD method to simulate a drought condition. Fletcher (1998) used this method as a decision analysis method for water deficit management. Simonovic and Fahmy (1999) used the above method to evaluate long-term water resources and to analyze applied policies in the Nile River Basin in Egypt. Royston (1999) used the above method to provide water demand and exploit a multipurpose reservoir. Subsequently, system dynamics models were used by many researchers to manage water resources in different parts of the world (Ryu et al., 2012; Xi & Poh; 2013; Wu et al., 2013; Kotir et al., 2016; Sun et al. , 2017).

In Iran and in the World, a numerous number of researches have been done using the system dynamics approach. For example, In this section, we will mention some articles that have been working on reservoirs. Rouzegari et al, (2019) was first estimated, using the flow duration curve shifting method (FDC Shifting) the environmental water demand of the Mahabad River in the Urmia Lake basin in Iran. Secondly, the optimal operating model of the reservoir was developed with the goals of decreasing the deficiencies and considering the downstream demands

of the reservoir. Sattari et al, (2013) has been devised a method to make available the maximum amount of water for irrigation, drinking, and the flow regime of Sofi Creek. The optimal performance of the Eleviyan Dam was evaluated based on reservoir inflows. Sattari et al, (2012) used 4 different datasets of monthly amounts of water to be released from the Eleviyan irrigation reservoir in Iran as inputs in a data mining model; “if–conditional” operating rules were determined as outputs. Sattari et al, (2009) the efficiency of the Eleviyan irrigation dam system was investigated in three phases by setting up the optimization model that maximized the water release for irrigation purposes after municipal water need were met. In this study, water use performance indicators in Kızılırmak Basin Irrigation Schemes for the years were 2003-2005 were determined; the results were discussed and evaluated. Çakmak et al, (2007) were determined water use performance indicators in Kızılırmak Basin Irrigation Schemes for the years were 2003-2005; the results were discussed and evaluated. Çakmak et al, (2014) developed four benchmarking performance indicators by International Water Management Institute (IWMI) indicating incomes per unit area and water and the other water use efficiency indicators were used together to assess the water use efficiencies of irrigation schemes over transboundary basins.

Nasseri et al. (2009) developed a model based on the system dynamics for Shahr chay dam reservoir and underlying aquifer in Urmia, Iran. In that model, the interaction between demand and supply of drinking, industrial and agricultural water uses from both surface and ground water resources created a complex system. The results of the model showed that if the sewage collection system is implemented in Urmia and the sewage reaches zero, the total water supply will be provided from the reservoir water and the irrigation efficiency will reach 41 percent, and much of the groundwater storage will be reduced. Alami et al. (2014) used the SD method to optimize the water management of Golak Dam in Zahedan, Iran. The results of their research showed that using the system dynamics approach, it is easy to see the effect of applying different scenarios and management policies on the allocation of water resources and based on which decisions were made. Zarghami et al. (2016) used a system dynamics approach to develop a decision-making system for the operation of Yamchi Dam in Ardebil province, Iran under the influence of climate change. They concluded that this method could be used in cases where the development of a policy or decision was made in a critical situation. Gohari et al. (2017) used the system dynamics method to investigate different strategies for managing water resources under the influence of climate change in the Zayandeh Rood River Basin, Iran. They divided the existing system into three hydrological, agricultural and socioeconomic sub-systems, and used the system dynamics to analyze and evaluate the adaptive management strategies for climate change.

Shao and Yang (2009) investigated the historical evolution of the water resources allocation system in the Yellow River basin of China. Based on the concept of water use flexible limit to water shortage and actual water use data from 1988–2006, a set of flexible limits to water shortage adapted to the Yellow River basin has been proposed.

Xie et al. (2018) was developed an inexact two-stage stochastic downside risk-aversion programming for regional industrial water resources allocation under considering system return-risk and various environment control strategies. The model is applied to a real case of industrial water resources allocation management in Chongqing city, China, where regional industrial system has faced with lots of difficulties and complexities in water resources utilization and water environmental protection. The results indicated that the total pollutants emission amount control and the expected revenue risk can be used as effective measures for regional industry structure adjustment from terminal environmental and macro-economic perspective.

There are some softwares which released for creating water resource allocation models based on the system dynamics approach. One of these softwares is Vensim (Venata systems, 2000). Vensim software is a graphical object-oriented modeling tool that is capable of embodying, processing, simulating, analyzing and optimizing dynamic models. Vensim provides a simple and flexible way of simulating loop models and flow diagrams. Many researchers have used this software to model water resource allocation. Zarghami and Akbariyah (2012) simulated the urban water system of Tabriz based on the system dynamics approach using the Vensim software. Sahin et al. (2015) used the Vensim software to simulate the South East Queensland water system in Australia and review economic feedbacks. Fazel Modares et al. (2012) provided the optimal allocation of water resources to the Alavian dam using the Vensim model. The results showed that the dam provides downstream area demands at a desirable level. Arshadi and Bagheri (2013) used the Dynamics Vision System and Vensim Software Approach to analyze

the status of the Karun basin water resource system from a sustainability perspective. Babaian et al. (2016) analyzed the vulnerability of the water resources system in Rafsanjan to water deficit using the water accounting framework. In order to investigate the impact of different policy options in existing conditions and create an environment for decision making, using the SD approach, the economic-water resource model was developed by the Vensim software.

In this study, the system dynamics approach was used to simulate the water resources of the Zonouz Chai basin and providing different scenarios for optimal allocation of Zonouz Dam water resources

.2. Materials and Methods

2.1. The study area and used data

Zonouz Dam is located in the Aras River basin, North-west of Iran. The basin of the Aras River is the basin borders the countries of Azerbaijan and Armenia with the countries of the north and having a common frontier with Turkey. The climate of this basin is mainly influenced by the polar front and moderate Mediterranean air masses (Jamab Consulting Engineers Company, 2005). Zonouz Dam is located 24 km north of Marand city and 100 km northwest of Tabriz city (Fig. 1). Zonouz River originates from the Sultan-Zanjir heights (Sultan Sanjar) and from the mountains of Daghdhi, Ghazal Daghi, Odaghi, and Bughodadaghi, and flows east-west direction. After passing through the city of Zonouz and joining the Qotur River, the river flows through the Aras River to the Caspian Sea. The area of the Zonouz basin is about 45.3 km² and the average annual discharge is 11 million cubic meters. The average annual sediment is about 194000 cubic meters, and the average annual precipitation and evaporation of free water surface at the dam are measured 386 mm and 922 mm, respectively (Jamab Consulting Engineers Company, 2005). Also, the time series of the monthly discharge of the Zonouz River at the Chercher station is shown in Fig. 2. It should be noted that the horizontal axis of this chart is based on the month of October 1974. The required water for agricultural lands and gardens in Marand and Zonouz is being provided from Zonouz Dam within the modern network irrigation and traditional drainage. Providing the irrigation demand by this dam, especially during the drought periods, has been able to maintain the farmer's livelihoods of the region well.



Figure 1. The geographic location of Zonouz Dam

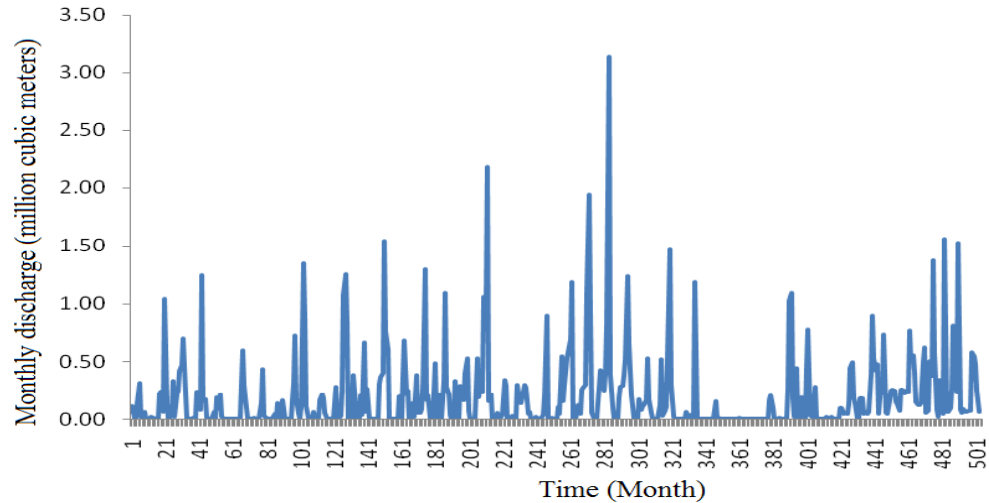


Figure 2. Monthly discharge time series of Chercher Station (1974-2016).

In this study, the river discharge and precipitation data in the period of 1974 to 2016 were obtained from the Regional Water Company of East Azarbaijan and Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO). The surface water abstraction data of the region are collected every few years by the regional water company, which includes information such as geographic location of exploiting source, exploitation water flow and exploiting time. The data related to the cultivation of irrigated agricultural land, including irrigated agriculture and gardens, GIS maps for vegetation cover and water information, each plus the related levels, were provided by the Agriculture Jihad Organization of East Azarbaijan Province.

2.2. System Dynamics method

The basis of the simulation method of system dynamics is based on feedback and object-oriented events. One of the important concepts in the system dynamics approach is the law of continuity, which is the basic concept of routing in the reservoirs. In this method, four tools of storage, flow, interfaces, and converters are used for modeling, and the expert's mentality focuses on causation and eventual charts and ultimately the storage and flow (Simonovic et al., 1997; Sterman, 2000). System Dynamic models allow the inclusion of quantitative and qualitative variables simultaneously in the system. In mathematical models, it is not possible to edit qualitative parameters. In dynamic models, by writing inaccurate equations for qualitative variables and numerical simulation, the effect of these variables on the whole system is considered (Forrester & Senge, 1980). In the Vensim software, the relationships between system variables describe and define by connecting words by flash. After defining the above relations and constructing the model, all aspects of the behavior of the system can be able to simulate. The Vensim environment makes users needless from the mathematical basis form also the language details. This software can simultaneously solve nonlinear equations among several variables. In this software, the graphs are constructed with a series of first-order differential (often nonlinear) equations, which are solved by the Euler or Runge–Kutta methods. The modeling method in this software is to make the progress of the generalities in more detail so that the functions and components of the connection are gradually increased so that a complete model for execution is prepared.

2.3. Modeling in the Vensim environment

Modeling in Vensim software includes the following steps:

- Collection of data and required information
- Data processing and preparation
- Determine and calculate the amount of water resources
- Determine and calculate the water demands in different sectors of consumption
- Preparation of information for use in the Vensim model

- Creating model in the Vensim software environment
- Analysis of the results of the model

The key stage in modeling is the proper definition of the conceptual model of the desired area. That is, firstly, the components of the basin balance should be precisely determined. Afterward, the amount of each component of the balance sheet should be precisely determined. After estimating the inputs to the reservoir and the water demands that can be provided by it, simulation and preparation of the basin model begin at the monthly scale. At this stage, the amount of water entering the reservoir is considered in terms of its upstream designs. The amounts of resources and expenditures in the basin of each dam are entered into the model on a monthly basis and the performance of the basin in terms of the percentage of time supply and volume of drinking, agricultural, environmental, and industrial demands in different drainage conditions of the basin as output of the model is obtained.

The purpose of the construction of each dam is to provide a set of demand types such as drinking, industrial, and agricultural demands that are calculated for the basin of each dam and considered as the planning needs of that dam. Also, environmental demands should be considered in designing each dam. Zonouz Dam has been designed and constructed with the aim of providing agricultural and environmental demands. The amount of agricultural demands of this basin is presented in Table 1.

Table 1. Average monthly agricultural demands (Million Cubic Meters)

Month	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September
Agricultural needs	0.33	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.59	0.43	0.12	0.11	0.08

Each dam after exploitation should meets own downstream environmental demands. In the present study, the Montana (Tennant) method has been used to estimate the environmental need of the Zonouz Dam (Tennant, 1976). According to this method, after calculating the average input of the dam reservoir for months of the year during the period of discharge, a percentage of that, which varies for the first and second six months of the year, is considered as the environmental demands of the dam in the model. Table 2 shows different percentages of the river discharge based on different conditions. In this study, for the Zonouz Dam, 30% of the river discharge in the first six months of the year and 10% of the river discharge for the second six months of the year were considered as an environmental demand (Table 3).

Table 2. The amount of environmental demand based on the Montana method (Tennant, 1976)

Quality of aquatic life	The minimum share of the long-term average of the river	
	October to mid-April	From mid-April to September
Ideal situation	60-100	60-100
Great	40	60
Excellent	30	50
Good	20	40
acceptable	10	30
weak	10	10
Severe shortage	Less than 10	Less than 10

Table 3. Zonouz Dam environmental demands in different months of the year (Million Cubic Meters)

Month	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September
Average annual discharge	0.07	0.14	0.13	0.11	0.11	0.24	0.54	0.52	0.24	0.09	0.10	0.02
Environmental need	0.007	0.014	0.013	0.011	0.011	0.024	0.162	0.157	0.072	0.026	0.029	0.006

To simulate with Vensim software, it is necessary to first design the structure of the model (definition of system variables, connections, and relationships between the variables mentioned above) and after entering the relevant data in the software, implementation and simulation of the model are performed, so that the output results to be achieved. It is necessary to ensure that the time of the model is set before the model is executed so that the model is equivalent to the number of months of the length of the statistical period. Referring to the output file of the simulation model, it can be calculated by comparing the input data of different demands and the output numbers of the supply corresponding to each demand, the volume and time percentages of the supply. It should be noted that the determination of the amount of water allocated from water resources to every demand and uses of the waters in the watershed is based on the priority and with regard to the quality constraints and the possibility of the transfer of appropriation from one consumption to other uses.

In this study, after collecting hydrologic and meteorological information of the area, the conceptual model of the Zonouz Dam and the basin was identified and the Causal Loop Diagrams of the basin were drawn in the Vensim software environment. Figure 3 shows the cause and effect diagram of the Zonouz Dam as feedback loops. In this Figure, the amount of storage in the dam of the disabled dam is the input variables, evaporation, leakage from the wall and the dam, release, and overflow. In this model, the volume of the reservoir is represented by the storage variable (state variable), and the input flow, evaporation values, output flow, and overflow values are shown as a flow (rate) variable. The amount of overflow from the reservoir of the dam is calculated according to the input, output and height values equal to the maximum volume of the reservoir. Output flows are determined based on operating policies and downstream requirements. This amount is deducted from the sum of the input flow and the reservoir storage volume with reservoir losses and leakage amounts. The residual volume is compared with the equivalent volume of the maximum water heights in the dam reservoir and the excess is extracted from the reservoir of the dam as the overflow. It should be noted that the water infiltration values from the reservoir floor due to the lack of measured data are not included in the model. Therefore, in losses, only the amount of water leakage from the walls and the foundation of the dam and evaporation from the dam reservoir surface are considered. In the next step, the required data were entered into the model. These data include the long-term series of monthly discharge into the dam reservoir, the monthly evaporation from the reservoir, the surface-volume-height of the reservoir, the maximum reservoir volume, and the dead volume of the reservoir, the monthly distribution of agricultural demands and the environmental demands.

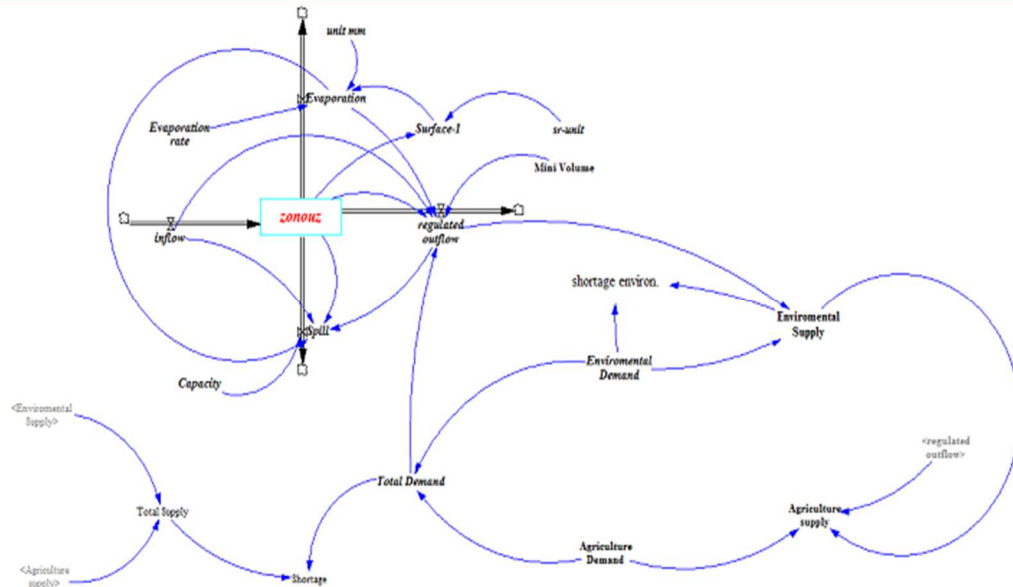


Figure 3. The Causal Loop Diagram of the Zonouz Dam

It should be noted that the development of withdrawals from water sources during different years in the basin has its effect on the recorded catches at the station. In simulating water resource development plans, it is assumed that the river discharge regime in the position of hydrometric stations in the coming years will be similar to previous years. Therefore, it is necessary first to eliminate the effect of upstream catchments on water resources registered at hydrometric stations, which will reduce river discharge in the position of the hydrometric station in the coming years, and then use it to simulate water development plans. For this purpose, the Trend removal method was used.

At the design stage of the dam reservoir model, all the input and output parameters were coded to the Zonouz Dam reservoir with respect to their relationship with each other in the Vensim software environment. Then for each of the parameters, according to the program's standard, the flow or storage property was given, and the variable or constant form was given, and for the parameters that are in series (such as the input flow), the required data were entered. For the rest of the parameters, the conditional formula "if-then" was written to run the model using the relationship that they have together. In the calibration step, the volume of the reservoir was investigated in terms of balance.

3. Results and Discussion

After constructing the Zonouz Dam model in Vensim software, and also collecting and analyzing the data needed to model the dam and define the data to the model, simulation of the performance of this dam by the software and the results of the behavior of each variable of this dam is presented in following during the simulation period (water years 1974-1975 to 2015-2016).

In order to calculate the level and height of the water stored in the dam reservoir at any time step, it is necessary to estimate the volume-level, the volume-height relationship of the dam reservoir and define them to the model. For this purpose, a quadratic equation on the volume-level of the reservoir of the dam was plotted and on the volume-height of the dam reservoir of a cubic equation fitted and entered the model. In the following, the minimum and maximum values of the reservoir volume were entered into the model. The minimum volume of the reservoir volume is the same as the dead volume of the reservoir, which is 0.6 million cubic meters for the Zonouz Dam. The maximum volume of the dam reservoir is the same as the total volume of the reservoir or the volume of the reservoir at the normal level, for which the dam is 6 million cubic meters. Evaporation from the reservoir surface of the dam can be calculated with the information of the evaporation rate and reservoir surface by the software.

Figure 4 shows the variation in the volume of water entering the reservoir during the years 1974-2015. According to Fig. 4, it is observed that in the 340-380 months the flow in the river is low because of occurring

the drought. It is also seen in Fig. 4 that in the months of 21, 130, and 400 the amount of flow in the river was high. Similar to the graph for changes in the volume of water stored in the reservoir, changes in the surface water behind the reservoir, the amount of evaporation from the reservoir, the amount of outflow discharge from the dam, the total demand for water, and here are just some of them for the abbreviation is brought.

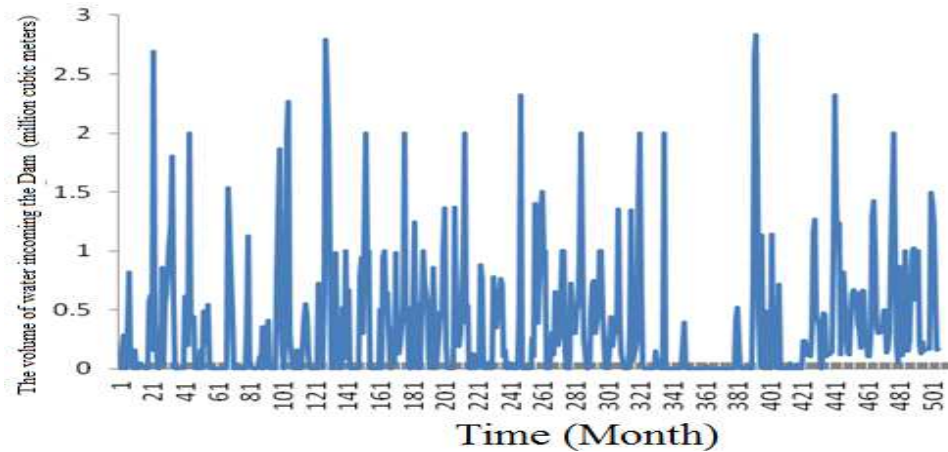


Figure 4. Changes in the volume of water incoming the reservoir during the years 1974 to 2016

3.1. Calibration of the model

The important steps of modeling, are calibration, sensitivity analysis and verification of the model. At this stage, the behavior of the model is compared with the observed behavior of the dam. To ensure the behavior of the reservoir of the dam, the simulated reservoir volume is compared with the volume of the reservoir recorded on the site. After correcting and adjusting of parameters and relationships, the calibrated model is considered as the actual system display in nature. For this purpose, the reservoir storage volume information was used for the period of 72 months during the water years 2009-2010 to 2015-2016. Information about these years has been entered in the form of historical data and the reservoir volume has been compared with the values measured at the dam during these periods (Fig. 5). As shown in Fig. 5, the amount of water stored in the reservoir obtained from the simulated model are in good agreement with the actual storage capacity of the reservoir during the operation period. Also, it is concluded from the Fig. 5 that in the years 2011 and 2014 the amount of reservoir obtained from the simulation with the actual storage volume of the reservoir is approximately equal, indicating better management and utilization in these years.

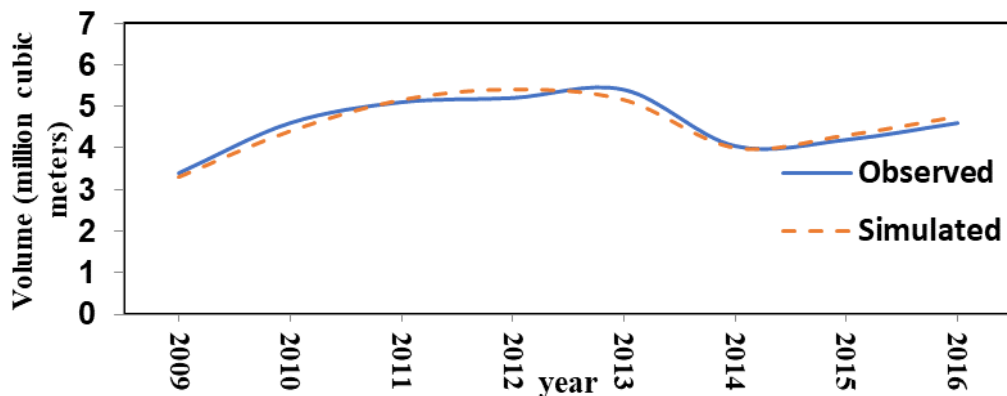


Figure 5. Comparison of the volume of stored water in the reservoir based on the simulated model and observed data

Figure 6 shows a comparison of the behavior of the simulated model and the actual behavior of the dam in the periods of operation from the point of view the amount of outflow. As shown in Fig. 6, the amount of outflow from the reservoir simulated by the model is consistent with the actual outflow of the reservoir during the operation period, which indicates the efficient management and operation of the Zonouz Dam during this period. After calibration of the model, the sensitivity of the model to the parameters of the volume of input into the reservoir, the evaporation amount from the reservoir, water leakage rate, agricultural and environmental demands were analyzed. After each simulation step which was done by decreasing or increasing the desired values relative to their base state, the existing error between the data was calculated for the reviewed variables. The results showed that the generated model is more sensitive to the input inflow variable than the other variables. Agricultural demands are at the next rank. This means that the simulation of the dam reservoir should be more accurate in measuring the data related to these variables.

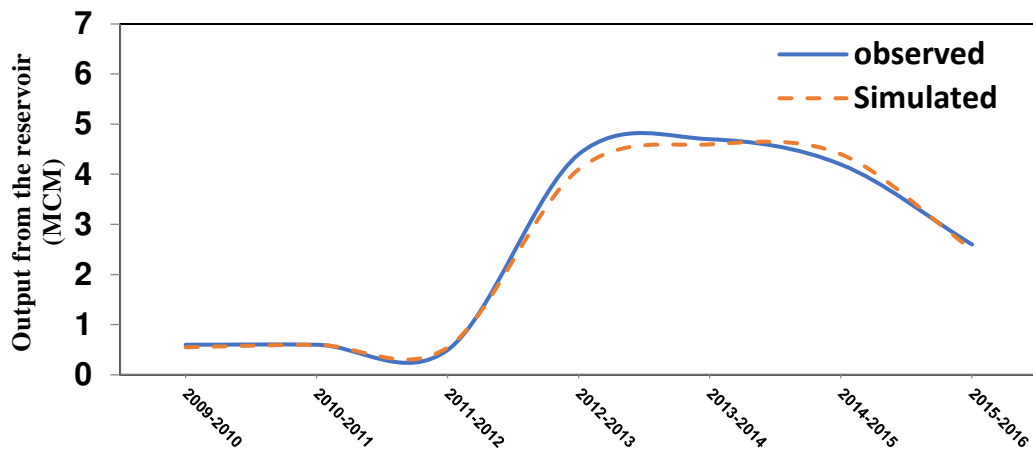


Figure 6. Comparison of outflow water from the reservoir based on the simulated model and observed data

3.2. Model Execution Results

Figure 7 shows the amount of water needed to meet all the demands, including agricultural and environmental demands. The amount of deficiency in supplying agricultural and environmental demands is presented in Figures 8 and 9, respectively. As shown in Figure 8, the system was unable to meet the agricultural demand in the months of 80 to 100 and between 350 and 390 months, with a deficit of 7.8 million cubic meters. In the event of a shortage of agricultural water supply, it is possible to reduce the water demand by cultivating the crops that are resistant to water scarcity, using pressurized irrigation methods or using groundwater resources. As shown in Fig. 9, the system was unable to meet the environmental demand in the 80 to 100 months and 350 to 390 months and had a deficit of 0.2 million cubic meters.

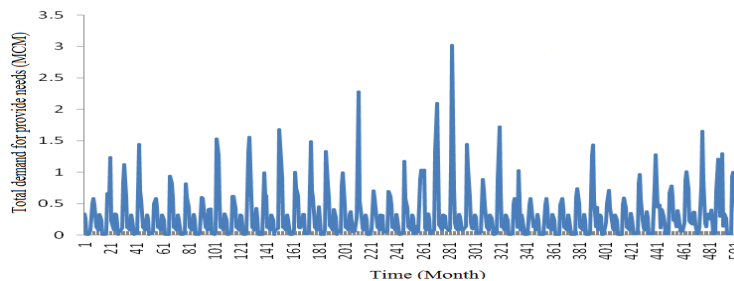


Figure 7. Total water demands for providing all the needs

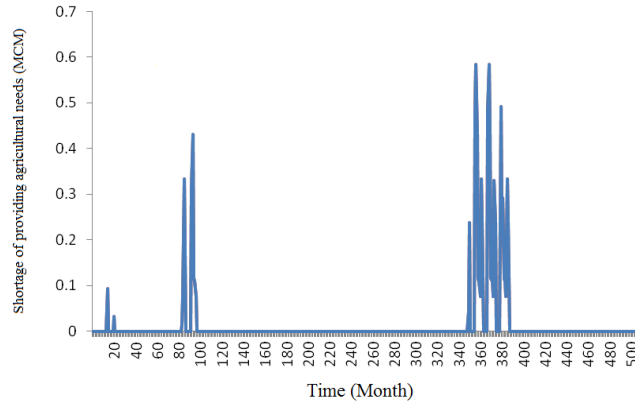


Figure 8. Shortage of providing agricultural needs

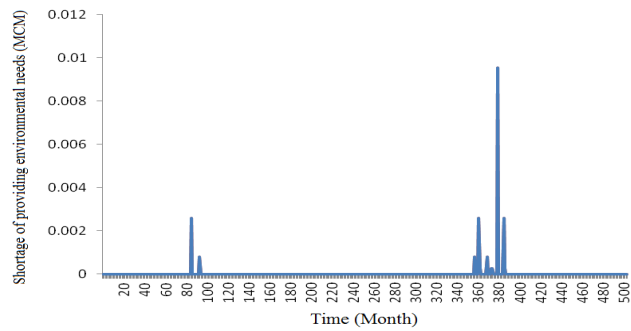


Figure 9. Shortage of providing environmental needs

In Figure 10, the amount of water released from the Zonouz Dam reservoir has been shown to provide demands of the dam downstream. This amount of water includes agricultural, environmental and overflow water needs. This amount of discharge water is proportional to the incoming flow amount of the dam. As seen in Figure 4, in the period between 340 and 380 months, a drought occurred. At the same time, the outflow of the dam has been greatly reduced.

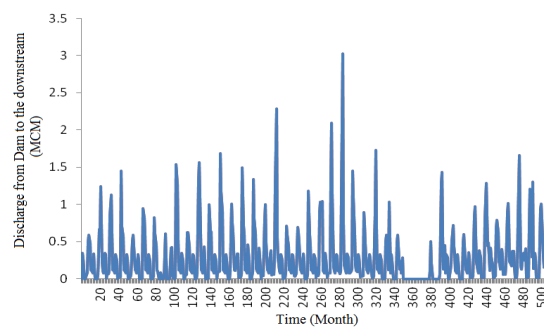


Figure 10. Amount of Discharge from the Zonouz Dam to the downstream

According to the standard, how to evaluate the allocation of water resources for water resources development projects, the acceptable range of volumes and times, the supply of various demands for environmental requirements is 90 to 100 percent, and the agricultural needs are 80 to 100 percent. The results of calculating the volumetric supply percent of different demands for the Zonouz dam are presented in Table 4. According to Table 4, the percentage of agricultural demands in the Zonouz Dam are equal to 91.24% and the volume of environmental demand is equal to 99.6%, which are in accordance with the above standard and within the acceptable range.

Table 4. Amount of volumetric supply requirements in Zonouz Dam from 1974 to 2016

Needs	unit	amount
Agricultural needs	MCM	99.4
Environmental need	MCM	57.7
Total need	MCM	157.1
Agriculture supply	MCM	90.7
Environmental supply	MCM	57.5
Total supply	MCM	148.2
Agriculture shortage	MCM	8.7
Supply of agricultural needs	%	91.2
Environmental shortage	MCM	0.2
Supply of volumes of environmental demand	%	99.6
Total shortage	MCM	8.9

The deficit / excess values of the Zonouz Dam reservoir system are based on the results obtained from the simulated model and the actual operation of the reservoir between the years 2009-2010 to 2015-2016 is presented in Table 5. According to the results of Table 5, it is noted that the system was deficient in the years 2009-2010, 2011-2012, 2015-2016 and in the water years 2012-2013 until 2014-2015 the amount of water was abundant (more than reservoir capacity) and overflowed out of reach. The results in Table 5 show that during the exploitation period, a total of 11.16 million cubic meters was equivalent to a shortage (61.8% of supply needs) and 7.66 million cubic meters of excess water was out of reach and wasted. In general, the results show that the exploitation policy of the Zonouz Dam is inappropriate during the exploitation period and needs to be reviewed.

Table 5. The results of deficit/surplus in the simulated and observed period in water years 2009-2010 to 2015-2016

water Year	Observations	Model Output (MCM)	Needs (MCM)	Shortage/surplus	
	Output (MCM)			(observations) (MCM)	Shortage (model) (MCM)
2005-2006	0.53	3.46	3.46	-2.93	0
2006-2007	0.56	4.65	4.65	-4.09	0
2007-2008	0.38	3.60	3.60	-3.22	0
2008-2009	5.69	4.29	4.29	+1.40	0
2009-2010	8.90	4.99	4.99	+3.91	0
2010-2011	7.78	5.43	5.43	+2.35	0
2011-2012	3.07	3.99	3.99	-0.92	0
Total	26.91	30.40	30.40	surplus/-11.16 = Shortage +7.66 =	0
Percentage of supply needs = % 61.8					

3.3. Simulation results of various management scenarios

After creating and calibrating the model, the allocation model of different scenarios can be implemented and according to their results, an optimal way to exploit the water resources of the dam was achieved. Here two of these scenarios have been investigated.

3.3.1. First scenario: the effect of reducing the volume of water entering the dam reservoir in the next 10 years on how to allocate dam water resources

In the first scenario, it was assumed that the incoming flow of dams would drop about 20% as a result of the occurrence of droughts. In this case, as it is deduced from Table 6 and Fig. 11, the storage volume in the Zonouz Dam reservoir is reduced and it is in difficulty to meet the downstream needs and the system will face a deficit of 23.2%. According to Fig. 11, from 500 to 540 months, the storage capacity of the reservoir is significantly reduced. It is natural that during these years the system will suffer from a shortage and for compensating this water shortage, it needs to reduce the cropping area, or use pressurized irrigation systems, increase the water use efficiency or, if possible, use groundwater resources.

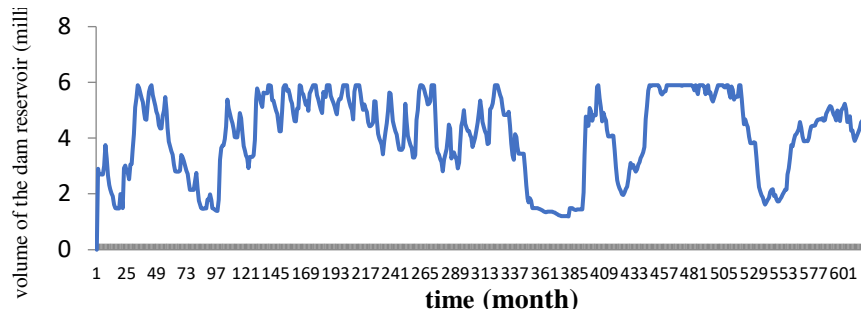


Figure 11. Changes in the volume of water behind the reservoir of the dam from 1974 to 2025 by applying the first scenario

Table 6: Provisional amounts of volumes of each type of demands for the first scenario

Needs	Unit	Amount
Agricultural needs	MCM	123.1
Environmental need	MCM	74.5
Total need	MCM	197.6
Agriculture supply	MCM	94.5
Environmental supply	MCM	66.8
Total supply	MCM	161.8
Agriculture shortage	MCM	28.6
Supply of agricultural needs	%	76.8
Environmental shortage	MCM	7.7
Supply of volumes of environmental	%	89.7
Total shortage	MCM	36.2

According to the results of Table 6, we can see that the percentage of agricultural needs and environmental requirements are not within the acceptable range. With a 20% drop in incoming water in the next 10 years, the system will face with a 23.2% water deficit in providing agriculture demands and 10.3% in the environmental needs.

3.3.2. Second Scenario: the effect of change in demands on dam operation planning

In the future, in order to develop the agricultural land in the region, a new agricultural plan is needed; changes in the dam model can be quickly evaluated by the effect of these changes on the allocation of water resources of the dam. Therefore, in this scenario, it is assumed that an agricultural demands increase by 20% in the next 10 years. Under these conditions, the average changes in the volume of water behind the reservoir of the dam in each month during the years 2016 to 2025 for the two modes of non-change in the requirements of the dam planning needs and the increase in the requirements for dam planning needs is shown in Fig. 12. According to this figure, it is clear that with an increase of 20% in agricultural demand, the amount of water stored in the reservoir will decrease in all months of the year.

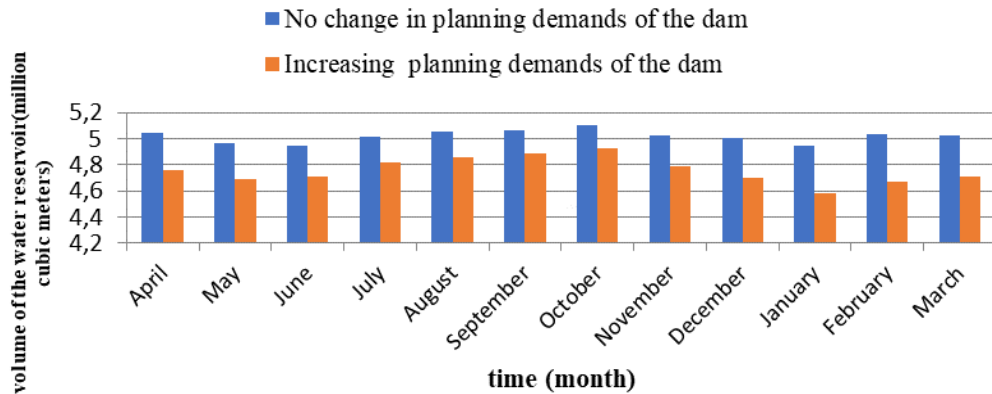


Figure 12. Comparison of the average volume changes of water volume behind the reservoir of the dam in the years of 2016-2025 with and without applying second scenario

4. Conclusions

In this study, the Zonouz Dam simulation model was developed with the system dynamics approach in Vensim software and with its help, the dam water resource allocation plan was investigated. For this purpose, firstly necessary information, including river flow data at the entrance to the dam and evaporation rate from the free surface water was collected at the site and the water demands were determined in the study area, which included agricultural and environmental demands. This data was used as input for modeling. Then the created model was calibrated and the sensitivity analysis was performed on the input variables in the model. The results showed that the created model had the highest sensitivity to the inflow to the reservoir and then the agricultural demands. The results of the implementation of the model showed that the percentage of agricultural demands in Zonouz Dam are equal to 91.24% and the percentage of environmental demand is equal to 99.6%. Subsequently, two different scenarios, including the decrease in the volume of water incoming the dam reservoir and the change in the amount of dam planning need for the next 10 years, were determined for the model and its results investigated. The results of the first scenario on the model showed that by decreasing the amount of water incoming the dam reservoir in the next 10 years, the volume of water behind the reservoir of the dam will be significantly reduced, while the volume of supply of different demands will be reduced by the dam reservoir. The results of the second scenario showed that if the amount of water needed in the dam, which includes agricultural demands, will increase by 20% over the next 10 years due to climate change or an increase of agricultural land, the volume of water stored in the reservoir will decrease in all months of the year. The results of this study showed that after constructing a dam model in Vensim software, simply and quickly, the effect of different scenarios on the allocation of water resources of the dam could be studied.

Acknowledgment

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

- Abadi, L.S.K., Shamsai, A. and Goharnejad, H., (2015). An analysis of the sustainability of basin water resources using Vensim model. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(6), pp.1941-1949. <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0570-7>
- Abdi, A., Hassanzadeh, Y., Talatahari, S., Fakheri-Fard, A., Mirabbasi, R., (2017). Regional Drought Frequency Analysis Using L-Moments and Adjusted Charged System Search. *Journal of Hydroinformatics*. 19(3): 426- 442. DOI: 10.2166/hydro.2016.228.
- Abrishamchi, A., Golian, S., and Tajrishi, M., (2007). Analysis of water utilization policies in the basin with the system dynamics method. *Journal of Water and Wastewater*. 63: 70-80.
- Alami, M., Farzin, S., Ahmadi, M., Aghabalaei, B. (2014). 'System Dynamics Modeling of Dam and Groundwater for Optimal Water Management (Case study: Golak Dam)', *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 44.1(74), pp. 1-12.
- Arshadi, M., Bagheri A., (2013). A System Dynamic Approach to Sustainability Analysis in Karun River Basin, Iran. *Iran-Water Resources Research Journal*. 9 (3): 1-13.
- Babaeian, F., Bagheri, A., Rafieian, M., (2016). Vulnerability Analysis of Water Resources Systems to Water Scarcity Based on a Water Accounting Framework (Case Study: Rafsanjan Study Area). *Iran- Water Resources Research*. 12 (1): 1-17
- Baron, J.S., Poff, N.L., Angermeier, P.L., Dahm, C.N., Gleick, P.H., Hairston, N.G., Jackson, R.B., Johnston, C.A., Richter, B.G. and Steinman, A.D. (2002). Meeting ecological and social needs for fresh water. *Ecological Applications*, 12(5):1274-1260.
- Çakmak, B., Gökalp, Z., & Demir, N. (2014). Sınırtaş nehir havzalarında tarımda su kullanımının değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 119-129.
- Çakmak, B., Kendirli, B., & Uçar, Y. (2007). Evaluation of Agricultural Water Use: A Case Study for Kizilirmak. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 175-185.
- Dace, E., Bazbauers, G., Berzina, A. and Davidsen, P.I. (2014). System dynamics model for analyzing effects of eco-design policy on packaging waste management system. *Resources, Conservation and Recycling*, 87:175-190.
- Ding, Z., Yi, G., Tam, V.W.Y. and Huang T. (2016). A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China. *Waste Management*, 51:130-141
- Farzaneh M., Bagheri, A., Momeni, F., (2016). A system dynamics insight to institutional context analysis of groundwater resources in Rafsanjan Plain. *Iran. Water Resources Research*. 12 (2): 67-82.
- Fazel Modares, N., Niazi, F, Mofid, H., Fakheri-Fard, A., (2012). Planning of optimal allocation of water resources using the Vensim model (case study: Alavian dam). *Ninth International Congress on Civil Engineering*. 19 to 21 May, Isfahan University of Technology, Iran.
- Feng, Y.Y., Chen, S.Q. and Zhang, L.X. (2013). System dynamics modeling for urban energy consumption and CO2 emission: A case study of Beijing, China. *Ecological Modeling*, 252:45-52
- Fletcher, E.J. (1998). The use of system dynamics as a decision support tool for the management of surface water resource. *First Int. Conf., New Information Technologies for Decision Making in Civil Engineering*, Montreal, Canada, 909-920.
- Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.
- Forrester, J.W. (2007). On the history, the present and the future of system dynamics. *System Dynamics Review*. 23(2-3): 157–189.
- Forrester, J.W., Senge, P.M. (1980). Tests for building confidence in system dynamics models. In *System Dynamics* (A.A. Legast, J.W. Forrester and J.M. Lyneis, eds). Amsterdam: North-Holland.
- Gohari, A., Mirchi, A. and Madani, K. (2017). System Dynamics Evaluation of Climate Change Adaptation Strategies for Water Resources Management in Central Iran. *Water Resour Manage*, 31(5): 1413-1434.
- Grigg, N.S. (1997). System analysis of urban water supply and growth management. *Journal of Urban Planning and Development*, 123(2): 23-33.
- Grigg, N.S. and Bryson, M.C. (1975). Interactive simulation for water system dynamics. *Journal of Urban Planning and Development*, 101: 77-92.
- Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., Mcknight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L. and Running, S.W. (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications*, 11(4): 1027-1045.
- Jamab Consultant Engineers Company, (2005). *Comprehensive Climate Adaptation Planning Studies Volume I. Organization for Management and Planning*, Office of Water, Agriculture and Natural Resources.
- Keyes, A.M., Palmer, P.N. (1993). The role of object-oriented simulation models in the drought preparedness studies. *Proc., 20th Annual International Conference on Water Resources Planning and Management*. ASCE, Seattle, Washington, 479-482.
- Kotir, J.H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N. and Johnstone, R. (2016). A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. *Science of the Total Environment*, 573: 444-457
- Koushali, H.P., Moshtagh, R. and Mastoori, R., (2015). Water resources modelling using system dynamic in Vensim. *J Water Resource Hydraul Eng*, 4(3): 251-256.
- Liu, T.M., Tung, C.P., Ke, K.Y., Chuang, L.H. and Lin, C.Y., (2009). Application and development of a decision-support system for assessing water shortage and allocation with climate change. *Paddy and Water Environment*, 7(4), 301. <https://doi.org/10.1007/s10333-009-0177-7>

- Mirabbasi, R. and Eslamian, S., (2010). Delineation of groundwater quality concerning applicability of pressure irrigation system in Sirjan watershed, Iran. International Conference on Management of Soil and Groundwater Salinization in Arid Regions, 11-14 January 2010, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.
- Nasseri H., Ahmadi S. and SalaviTabar A., (2009). Modeling of water resources management in the Shahr Chay Dam (Urmia) using the system dynamics method. First National Groundwater Conference. The Islamic Azad University of Behbahan Branch.
- Radzicki, M.J. and Taylor, R.A. (2008). Origin of System Dynamics: Jay W. Forrester and the History of System Dynamics. In: U.S. Department of Energy's Introduction to System Dynamics. Retrieved 23 October 2008.
- Rouzegari, N., Hassanzadeh, Y., & Sattari, M. T. (2019). Using the Hybrid Simulated Annealing-M5 Tree Algorithms to Extract the If-Then Operation Rules in a Single Reservoir. *Water Resources Management*, 33(10), 3655-3672.
- Royston, W.J.C. (1999). Use of object oriented programming in water supply system modeling. The 26th Annual Water Resources Planning and Management Conference, ASCE, Temp-Arizona.
- Ryu, J.H., Contor, B., Johnson, G., Allen, R. and Tracy, J. (2012). System Dynamics to Sustainable Water Resources Management in the Eastern Snake Plain Aquifer under Water Supply Uncertainty. *Journal of the American Water Resources Association*, 48(6): 1204-1220
- Sahin, O., Stewart, R.A. and Porter, M.G. (2015). Water security through scarcity pricing and reverse osmosis: a system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, 88: 160-171.
- Salvitabar, A., Zarghami, M., Abrishamchi, A., (2006). System Dynamic Model in Tehran Urban Water Management. *Journal of Water and Wastewater*. 59: 12-28.
- Sattari, M. T., Apaydin, H., & Ozturk, F. (2009). Operation analysis of Eleviyan irrigation reservoir dam by optimization and stochastic simulation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(8), 1187.
- Sattari, M. T., Apaydin, H., & ÖZTÜRK, F. (2013). Stochastic operation analysis of irrigation reservoir in low-flow conditions: a case study from Eleviyan Reservoir, Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(5), 613-622.
- Sattari, M. T., Apaydin, H., Ozturk, F., & Baykal, N. (2012). Application of a data mining approach to derive operating rules for the Eleviyan irrigation reservoir. *Lake and reservoir management*, 28(2), 142-152.
- Saysel, A.K., Barlas, Y. and Yenigun, O. (2002). Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. *Journal of Environment Management*, 64: 247-260.
- Shahbazbegian, M.R., Bagheri, A. (2016). Systemic Analysis of the Vulnerability of the Sistan Plain to Water Scarcity - Experiencing Policy Options Based on the Resilience Approach. *Iran- Water Resources Research*. 12 (1): 40-55
- Shao, W., Yang, D., Hu, H. and Sanbongi, K., (2009). Water resources allocation considering the water use flexible limit to water shortage—a case study in the Yellow River Basin of China. *Water Resources Management*, 23(5): 869-880. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9304-2>
- Simonovic, S.P. and Ahmad, S. (2002). System dynamics modeling of reservoir operation for management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 14(3): 190-198.
- Simonovic, S.P., Fahmy, H. (1999). A new modeling approach for water resources policy analysis. *Journal of Water Resources Research*, 35(1): 295-304.
- Simonovic, S.P., Fahmy, H., Elshorbagy, A. (1997). The use of object oriented modeling for water resources planning in Egypt. *Journal of Water Resources Management*, 11: 243-261.
- Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics*. McGraw-Hill, Book Co., Boston.
- Sun, Y., Liu, N., Shang, J. and Zhang, J. (2017). Sustainable utilization of water resources in China: A system dynamics model. *Journal of Cleaner Production*, 142(2): 613-625.
- Tennant, D.L. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*, 1(4): 6-10.
- Venata systems, Inc. (2000). *Vensim Ple for Windows Version 5.9*.
- Weller, F., Cecchini, L.A., Shannon, L., Sherley, R.B., Crawford, R.J.M., Altwegg, R., Scott, L., Stewart, T. and Jarre, A. (2014). A system dynamics approach to modeling multiple drivers of the African penguin population on Robben Island, South Africa. *Ecological Modelling*, 277: 38-56
- Wins, I., Breierly, G. and Trowsdale, S. (2009). The use of system dynamics simulation in water resources management. *Springer Science*. 23: 1301-1323.
- Wu, G., Li, L., Ahmad, S., Chen, Xi. and Pan, X. (2013). A Dynamic Model for Vulnerability Assessment of Regional Water Resources in Arid Areas: A Case Study of Bayingolin, China. *Water Resources Management*, 27(8): 3085-3101
- Xi, X. and Poh, L.M. (2013). Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore. *Procedia Computer Science*, 16: 157-166.
- Xie, Y.L., Xia, D.H., Huang, G.H. and Ji, L., (2018). Inexact stochastic optimization model for industrial water resources allocation under considering pollution charges and revenue-risk control. *Journal of Cleaner Production*, 203: 109-124. Doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.245.
- Yang, J., Lei K., Khu, S. and Meng W. (2015). Assessment of Water Resources Carrying Capacity for Sustainable Development Based on a System Dynamics Model: A Case Study of Tieling City, China. *Water Resources Management*, 29: 885-899.
- System dynamics modeling for complex urban water systems: Application to the city of Tabriz, Iran. *Resources, Conservation and Recycling*, 60: 99-106
- Zarghami, M., Fotookian, M.R., Safari, N. and Aslanzadeh, A. (2016). Reservoir operation using system dynamics under climate change impacts: a case study of Yamchi reservoir, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 678. Doi:10.1007/s12517-016-2676-3.

Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Seviyelerinin Kapyra Biberin (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) Verim ve Verim Bileşenleri Üzerine Etkileri

Effects of Different Irrigation Levels on Yield and Yield Components of Capia Pepper (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) in Tekirdag Conditions

Gökmen AZDER¹, Erhan GÖÇMEN^{2*}, Ahmet İSTANBULLUOĞLU²


Özet


Tekirdağ koşullarında farklı damla sulama uygulamaları altında kapyra biberinin su kullanımına, verim ve gelişme parametrelerine etkilerinin incelendiği çalışma, 2016 ve 2017 yıllarında yürütülmüştür. Araştırmada, 3 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %50, %75, %100 ve %125'inin uygulandığı dört farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ilk yılında tüm deneme konularına 33 kez sulama uygulaması ile birlikte 351.9 ile 857.1 mm arasında, denemenin ikinci yılında ise 34 kez sulama uygulaması ile birlikte 308.5 ile 748.8 mm sulama suyu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitki su tüketimi değerleri 2016 yılında 457 ile 935.5 mm, 2017 yılında ise 469 ile 889 mm arasında uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişmiştir. Elde edilen verim değerleri incelendiğinde sulama suyu miktarı arttıkça verim değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, özellikle I₁ ve I₂ konusu verim değerleri açısından (38.42 t ha⁻¹ ve 34.95 t ha⁻¹ sırasıyla) öne çıkmıştır. Meyve eni açısından herhangi bir farklılık izlenmezken değerler 4.89 cm ile 4.38 cm arasında değişmiştir. Meyve boyu verilerine göre yıllar arasında farklılık belirlenmiş ve 2017 yılı en yüksek istatistik gruba girmiştir. Meyve boyu değerlerinin varyans analizine göre sulama konuları arasında herhangi bir fark çıkmamış ve ölçüm sonuçlarının 13.40 cm ile 14.46 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri incelendiğinde hem yıllar arasında hem de sulama konuları arasında önemli farklılıklar tespit edilmiş ve I₄ konusunun öne çıktığı görülmüştür. IWUE değerleri sulama konularına göre 4.84 (I₁), 5.47 (I₂), 5.27 (I₃), 6.19 (I₄) kg m⁻³ olarak elde edilmiştir. Denemede Su kullanım randımanı (WUE) değerleri incelendiğinde değerlerin 4.16 ile 4.56 kg m⁻³ arasında değiştiği ve istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kapyra Biber, Sulama, Bitki Su Tüketimi, Sulama Suyu Kullanım randımanı (IWUE), Su kullanım randımanı (WUE),

Abstract

This study was conducted in 2016 and 2017, where the effects of different irrigation levels on the water use characteristics and yield parameters of capia pepper were investigated in Tekirdag conditions. The study was carried out by applying four different irrigation levels calculated from the evaporation value (50%, 75%, 100%,

¹Gökmen Azder, DSI 226. Şube Müdürlüğü, Giresun, Türkiye. E-mail: gokmenazder@dsi.gov.tr  OrcID: 0000-0002-9789-5183

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erhan Göçmen, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: egocmen@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-6199-7842

²Ahmet İstanbulluoğlu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail:

aistanbulluoglu@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0001-8080-0152

Atıf/Citation: Azder G, Göçmen E, İstanbulluoğlu A. Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Seviyelerinin Kapyra Biberin (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) Verim ve Verim Bileşenleri Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 422-431.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2020

and 125%) measured from the Class A evaporation pan in the 3-day irrigation period. In the first year of the research, all treatments were between 351.9 and 857.1 mm and irrigation water was applied 33 times. In the second year of the experiment, irrigation was applied 34 times and the amount of irrigation water applied was between 308.5 and 748.8 mm. As a result of the research, the evapotranspiration amount measured during the plant growing season in treatments were measured between 457 and 935.5 mm in 2016 and between 469 and 889 mm in 2017. When the yield values obtained were examined, the yield values increased with the increase in the amount of irrigation water. In particular, I₁ and I₂ have come to the forefront as a result of statistical analysis performed at yield values (38.42 t ha⁻¹ and 34.95 t ha⁻¹ respectively). While no difference was observed in terms of fruit width, the values ranged between 4,89 cm and 4,38 cm. According to the fruit length data, differences were determined between the years and 2017 was included in the highest statistics group. According to variance analysis of fruit length values, there was no difference between irrigation treatments and the measurement results were determined to vary between 13.40 cm and 14.46 cm. When the irrigation water use efficiency (IWUE) values were examined, significant differences were detected both between the years and between irrigation treatments and it was seen that the I₄ treatment came to the fore. IWUE values were obtained as 4.84 (I₁), 5.47 (I₂), 5.27 (I₃), 6.19 (I₄) kg m⁻³, according to irrigation treatments. When the water use efficiency (WUE) values were examined in the experiment, it was determined that the values ranged between 4.16 and 4.56 kg m⁻³ and were not statistically significant.

Keywords: Cacia pepper, Irrigation, Evapotranspiration, Irrigation water use efficiency (IWUE), Water use efficiency (WUE)

1. Giriş

Dünyada biber üretimi 2017 yılında toplamda 2 milyon hektar alanda 36.1 milyon ton olup, Türkiye 2.6 milyon ton ile 3. sırada yer almaktadır. İlk sırada 17.8 milyon ton ile Çin ve onu takip eden 3.3 milyon ton ile Meksika bulunmaktadır (FAO 2017). Türkiye İstatistik Kurumunun 2017 yılı rakamlarına göre, ülkemizde toplam biber üretimi 95 bin hektar alanda 2.6 milyon ton olup, bunun 1.1 milyon tonu kapyta biberdir (Anonim, 2017).

Kapyta biberi [*Capsicum annum* L. Var. *conoides* (Mill.) Irish], uzun konik şekle sahip ve kırmızı rengini aldığı tüketime bir biber tipi olup “salçalık” ya da “yağlık” biber olarak da adlandırılmaktadır (Karaağaç ve Balkaya, 2010). Kapyta tipi biberler taze olarak tüketilebildiği gibi, salça yapımında, hazır gıdalarda, dondurulmuş ürünlerde, sos yapımında, konserve yapımında, közleme olarak, toz ve pul biber gibi baharat yapımında, çiğ köfte ve lahmacun hammaddesi olarak kullanılmaktadır (Hekimoğlu ve Altındağ, 2012).

Kapyta biberin sulanmasında öncelikle yörenin iklim, toprak, topografya ve bitki özelliklerine uygun mevcut suyun etkin olarak kullanılacağı, verimi negatif yönde etkilemeyecek bir sulama yönteminin seçilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler içerisinde, uniform su kullanımı, yüksek randıman, sulama suyu tasarrufu ve işletme kolaylığı bakımından, özellikle sebze ve meyve ağaçlarının sulanmasında damla sulama yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Biberin su kullanımı üzerine dünyada ve ülkemizde pek çok araştırma yapılmıştır. Dağdelen (2001) sanayi biberinde farklı su düzeyi ve farklı sulama aralığının meyve verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, her iki yılda da elde edilen sonuçlara göre sulama aralığı ve su düzeylerinin meyve verimini etkilediğini belirtmiştir. Şen (2015) sanayi biberinin farklı sulama düzeyleri ve farklı sulama aralıklarının bazı verim ve kalite özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda sulama aralığının biber verimine etki etmediği, ancak sulama düzeylerinin verimi etkilediği, en yüksek verimin 3 gün sulama aralığında buharlaşmanın %125’i oranında sulama suyu uygulanan konudan elde edildiği (54.24 t ha⁻¹), en düşük verimin ise yine 3 gün sulama aralığında %25 oranında sulama suyu uygulanan konudan elde edildiğini (30.09 t ha⁻¹) saptamıştır. Sezen ve ark. (2016) salçalık biber bitkisinde yürüttükleri çalışmada; damla sulama yöntemi altında farklı sulama düzeylerinin verime etkisini incelemişlerdir. Verim yıllara göre sırasıyla en çok ve en az olarak 44.17-47.79 t ha⁻¹ ve 34.92-35.97 t ha⁻¹ olarak belirlenmiş ve en yüksek verimi tam sulama konusunda elde edilmiştir. Antony ve Singandhupe (2004) yaptıkları çalışmada, farklı sulama yöntem ve programların biber bitkisinde (*Capsicum annum* L. var. California Wonder) biyofiziksel özellikler, morfolojik özellikler, verim ve su kullanım randımanı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmaya göre, damla sulama yöntemi kullanılarak yetiştirilen biberin yüzey sulama yöntemine göre daha fazla boylandığı, kol ve meyve oluşumunun hızlı gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, damla sulama sisteminin biber bitkisi sulamasında kullanımının verim ve verim parametreleri, fizyolojik ve morfolojik özellikler, kök uzunluğu ve kök kalitesi, meyve çiçek sayısı üzerine son derece olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada sebzeçilik için uygun olan ve bölge bitki desenine iyi bir alternatif bitki olabilecek kapyta biberinin Tekirdağ ili koşullarında verim ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Arazisinde 2016-2017 yıllarında yürütülmüştür. Ekonomik değeri yüksek olan bu bitkinin bölge koşullarında yapılmış ilk sulama çalışması olması önemlidir.

2. Materyal ve Metot

Deneme Tekirdağ il merkezine 2.5 km uzaklıkta olan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde yürütülmüştür. Çalışma alanının denizden yüksekliği ortalama 14 m olmakla birlikte 40° 59’ kuzey enlemi, 27° 29’ doğu boylamı arasında yer almaktadır. Çalışma alanı yarı kurak iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır. Uzun yıllar meteorolojik veri ortalamalarına göre yıllık ortalama sıcaklık 14 °C’ dir. Aylık bazda sıcaklık ortalamaları değerlendirildiğinde Ocak ayı 4.7 °C ile en soğuk, Temmuz ve Ağustos ayları 23.8 °C ile en sıcak aylardır. Yıllık toplam yağış miktarı ortalama 582.9 mm olup, bunun büyük çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasında düşmektedir. Yıllık bağıl nem ortalaması %76.9’ ve rüzgâr hızı ortalaması değeri 2.9 m s⁻¹ dir. Sulama mevsimine ait meteorolojik değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme yılları sulama mevsiminde ölçülmüş meteorolojik değerler*Table 1. Meteorological values measured in the irrigation season*

Yıllar	Aylar	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Rüzgar hızı* (m s ⁻¹)	Güneşlenme süresi (h)	Yağış (mm)	Toplam buharlaşma (mm)**
2016	Mayıs	17.20	73.40	2.70	6.60	27.40	24.40 (12 gün)
	Haziran	22.80	69.50	2.90	9.30	35.40	156.10
	Temmuz	24.60	61.60	3.50	9.70	0.00	229.40
	Ağustos	25.10	61.00	3.70	9.30	0.60	220.30
	Eylül	23.30	63.80	3.30	7.20	6.00	41.40 (10 gün)
2017	Mayıs	21.80	76.48	2.64	6.97	16.72	21.30 (9 gün)
	Haziran	21.97	77.81	2.30	8.44	36.80	136.60
	Temmuz	24.05	69.96	3.19	9.33	52.20	179.40
	Ağustos	25.00	66.70	3.60	9.00	14.60	196.30
	Eylül	21.58	71.06	2.67	7.18	11.20	53.40 (12 gün)
Uzun yıllar	Mayıs	16.80	76.00	2.30	7.40	36.50	114.80
	Haziran	21.30	72.00	2.40	9.60	38.30	142.10
	Temmuz	23.80	68.80	2.80	9.50	23.70	179.80
	Ağustos	23.80	69.40	3.00	9.00	13.10	170.90
	Eylül	20.00	73.40	2.80	7.20	33.40	114.90

* : 2 m yükseklikteki değerlerdir.

** : A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen toplam değerlerdir. (Mayıs ve Eylül aylarında sadece ölçüm günlerini kapsamaktadır.)

Deneme alanında toprakların fiziksel özelliklerini belirlemek için açılan profilden alınan örneklerden bünye sınıfı, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri belirlenmiş ve Tablo 2’de verilmiştir. Deneme alanı toprak bünye sınıfı killi tın ve kullanılabilir su tutma kapasitesi 77.62 mm/60 cm olarak saptanmıştır. Atmaca ve Erdem (2016) aynı alanda yaptıkları çalışmada deneme alanı topraklarının killi-tınlı, ph değeri nötr (7.37), tuzsuz, kireçli ve az miktarda organik madde içerdiğini bildirmişlerdir.

Tablo 2. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri*Table 2. Physical properties of soil in the experimental area*

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	TK		SN		Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm)
		%	mm	%	mm		
0-30	Killi-tın	26.01	116.26	17.91	80.06	1.49	36.20
30-60	Killi-tın	28.45	134.85	19.71	93.43	1.58	41.42
0-60			251.11		173.49		77.62

Deneme alanı topraklarında yapılan çift silindirli infiltrometre testleri neticesinde toprağın infiltrasyon hızı 12 mm h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sulama suyunun kalite sınıfını belirlemek için yapılan ölçümde suyun kalitesi T₂S₁ olarak elde edilmiştir. Deneme toprakları bünye sınıfı ve su alma hızına göre damlatıcı debisi 4 L h⁻¹, damlatıcı aralığı ise 0.45 m olarak hesaplanmıştır.

Araştırmada kullanılan kapyra biberi [*Capsicum annuum* L. var. *conooides* (Mill.) Irish], uzun konik şekilli olup ve kırmızı rengini aldığı tüketime bir çeşittir. Salçalık veya yağlık biber olarak da isimlendirilmektedir (Karaağaç ve Balkaya, 2010).

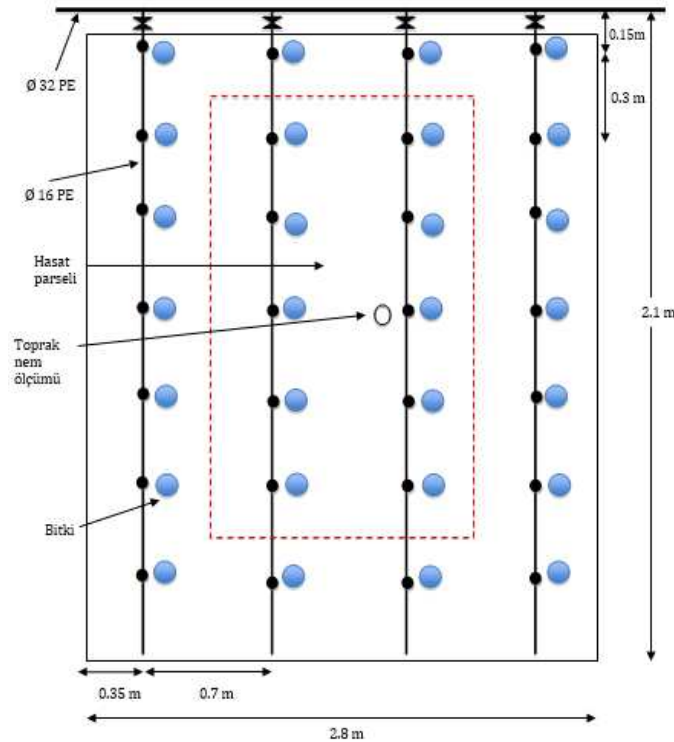
Deneme, tesadüf blokları deneme deseninde üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve konular rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever, 1984). Sulama aralığı yöre koşulları ve çiftçi uygulamaları dikkate alınarak 3 gün olarak

belirlenmiştir. Sulama suyu miktarlarının tespitinde A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşmasının farklı miktarları esas alınmıştır.

Deneme konuları;

- I₁: 3 günlük toplam buharlaşma miktarı \times 1.25,
- I₂: 3 günlük toplam buharlaşma miktarı \times 1.00,
- I₃: 3 günlük toplam buharlaşma miktarı \times 0.75,
- I₄: 3 günlük toplam buharlaşma miktarı \times 0.50, şeklinde oluşturulmuştur.

Deneme alanı 14.4 \times 12.4 m boyutlarında olup toplam 178.56 m²'dir. Alanda 3 blok ve her birinde 4 adet olmak üzere toplam 12 adet parsel bulunmaktadır. Bir parsel ise 2.8 \times 2.1 m boyutlarındadır ve toplam 5.88 m² alan kaplamaktadır. Bir deneme parselinde 4 adet bitki sırası bulunmakta ve bitkilerin sıra aralığı 0,7 m sıra üzeri ise 0.3 m'dir (Şekil 1). Tüm parsellerde kenarlardan bir bitki sırası kenar etkisi göz önünde bulundurularak ve hasat parseli dışında tutularak hasat parseli 1.4 \times 1.4 m boyutlarında olmak üzere toplamda 1.96 m² olmuştur. Bir parselde 28 ve hasat parselinde ise 10 adet bitki mevcuttur. Parsellerin düzenlenmesi sırasında, sulamalarda sızma yoluyla oluşabilecek yan etkileri önlemek amacıyla parseller arasında ve bloklar arasında 2 m boşluk bırakılmıştır. Araştırma alanında dikim yapılmadan önce toprak hazırlığı gerçekleştirilmiştir. Toprak verimlilik analizleri dikkate alınarak, her iki yıl dikimden önce tüm deneme parsellerine aynı olacak şekilde azotlu ve potasyumlu gübre atılmıştır. Biber fideleri 2016 yılında 19 Mayıs, 2017 yılında ise 23 Mayıs tarihinde deneme parsellerine sıra arası 0.7 m ve sıra üzeri 0.3 m aralıklarla dikilmiştir. Dikimle beraber sulama uygulamaları başlamış ve dikim sırasında her bir parselde her iki yılda 15 mm olacak şekilde can suyu verilmiştir.



Şekil 1. Deneme parselinde lateral boru ve damlatıcıların konumlandırılması

Figure 1. Lateral pipes and drippers placed on the experimental plot

Biriktirme havuzundan bir pompa yardımı ile alınan sulama suyu, hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı ve disk elek filtrelerden oluşan kontrol biriminde temizlendikten sonra 6 atm işletme basınçlı, 50 mm dış çaplı sert PE borular ile araştırma alanına iletilmiştir. Ayrıca, sistemde oluşan basıncı kontrol etmek amacıyla belli noktalara manometreler takılmıştır. Deneme parsellerinde manifold boru hatları 32 mm dış çaplı sert PE borulardan oluşturulmuştur. Parsellerde lateral boru hatları her bitki sırasına bir adet olacak şekilde 16 mm dış çaplı yumuşak PE borular yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi toprağın su alma hızı göz önüne alınarak Yıldırım (2008)'de verilen

esaslara göre 4 L h⁻¹ olarak seçilmiştir. Damlatıcı aralığı da toprağın infiltrasyon hızı ve damlatıcı debisine göre 45 cm olarak hesaplanmıştır ve ıslatılan alan yüzdesi %64 olarak belirlenmiştir. Damlatıcılar, lateral boru hattı üzerine 0.45 cm aralıklarla on-line olarak takılmıştır. Şekil 1’de bir deneme parselinin detayı gösterilmiştir.

Deneme konularına göre uygulanan net sulama suyu miktarları, açık su yüzeyi buharlaşma miktarından faydalanılarak hesaplanmıştır. Deneme parsellerinde uygulanacak sulama suyu miktarı 3 günlük birikimli buharlaşma miktarı kullanılarak aşağıdaki Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Kanber ve ark., 2004).

$$I = K_{pc} \times E_p \times P \quad (\text{Eş. 1})$$

Eşitlikte; I: Uygulanacak sulama suyu miktarı (mm), K_{pc}: buharlaşma kabına bağlı katsayı, E_p: birikimli buharlaşma miktarı, (mm), P: damlatıcı aralığı ve lateral aralığına göre belirlenen ıslatılan alan yüzdesi (%), dir.

Bitki su tüketimi, 60 cm toprak derinliği esas alınarak aşağıda verilen Eşitlik (2) ile (su bütçesi eşitliği) belirlenmiştir (Walker ve Skogerboe, 1987). Bu amaçla, sulama uygulaması öncesi her bir deneme konusunda 60 cm toprak derinliğinde her 30 cm’lik toprak derinliğinde kuru ağırlık yüzdesine göre toprak nemi değerleri belirlenmiştir.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (\text{Eş. 2})$$

Eşitlikte; ET: bitki su tüketimi (mm), I: dönem boyunca verilen sulama suyu miktarı (mm), P: dönem boyunca meydana gelen yağış (mm), C_p: kılcal yükselişe kök bölgesine giren su miktarı (mm), D_p: derine sızma kayıpları (mm), R_f: deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarı (mm), ΔS: kök bölgesi nem değişimleri (mm) ifade etmektedir.

Çalışmanın yapıldığı yerde taban suyu olmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı göz önüne alınarak C_p değeri göz ardı edilmiş ve basınçlı sulama sisteminden yararlandığından dolayı yüzey akış miktarları da göz önüne alınmamıştır (Kanber, 1997).

Denemede sulama işlemleri ilk yıl 10 Eylül 2016’da, ikinci yıl 11 Eylül 2017’de sonlandırılmıştır. Hasat işlemleri ilk yıl 13 Eylül 2016, ikinci yıl 14 Eylül 2017 tamamlanmıştır. Sezon boyunca hasat parselinde yapılan hasatlardan toplam verim değerleri elde edilmiştir. Ayrıca her parselden alınan örneklerden 10 adedinde meyve eni ve boyu ölçümleri yapılmıştır. Deneme konularından elde edilen biber gelişim ve verim parametreleri arasındaki farklılıkların belirlenmesinde varyans analizi, sınıflandırılmasında ise LSD testi kullanılmıştır. Sonuçlar Yurtsever (1984)’de gösterilen esaslara göre değerlendirilmiştir.

Araştırmada konulara uygulanan sulama suyu, elde edilen bitki su tüketimi ve toplam hasat verimleri kullanılarak, sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı sonuçları aşağıdaki Eşitlik (3 ve 4)’ten faydalanılarak belirlenmiştir (Zhang ve ark., 1999).

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (\text{Eş. 3})$$

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (\text{Eş. 4})$$

Eşitliklerde; IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kg/m³), WUE: Su kullanım randımanı (kg/m³), Y: Sulama suyu uygulanan deneme konularından elde edilen hasat verimi (t ha⁻¹), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm) ve ET: Ölçülen bitki su tüketimi (mm)’dir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Denemede ilk yıl toplam buharlaşma miktarı 688.7 mm olarak ölçülmüştür. 2016 yılında 33 sulama yapılmış, sulama uygulamaları konulara göre I₁ konusunda 857.1 mm I₂ konusunda 688.7 mm, I₃ konusunda 520.3 mm ve I₄ konusunda 351.9 mm olmuştur. İkinci yıl toplam buharlaşma miktarı 602 mm olarak ölçülmüştür, 2017 yılında 34 sulama yapılmış, sulama uygulamaları konulara göre I₁ konusunda 748.8 mm, I₂ konusunda 602 mm, I₃ konusunda 455.3 mm ve I₄ konusunda 308.5 mm olmuştur. Deneme mevsimi süresince yağış miktarları enstitü

alanında bulunan meteoroloji istasyonundan takip edilmiş ve 2016 yılında düşen toplam yağış 47.2 mm olurken, 2017 yılında düşen toplam yağış 103.6 mm olmuştur.

Tablo 3'te verilen toplam mevsimlik su tüketimleri I₁, I₂, I₃ ve I₄ konusu için sırasıyla 2016 yılında 935.5 mm, 785.3 mm, 616.2 mm ve 457 mm olurken, 2017 yılında 889 mm, 750.3 mm, 616.2 mm ve 469 mm olarak ölçülmüştür. Demirel ve ark., (2012) Çanakkale'de yürüttükleri araştırmada toplam bitki su tüketimini ilk yıl 855-333 mm, ikinci yıl 736-311 mm olarak ölçmüşlerdir.

Tablo 3. Deneme konularına göre ölçülen bitki su tüketimi miktarları

Table 3. Evapotranspiration amounts measured from treatments

Deneme yılı	Deneme konusu	Topraktaki nem değişimi (mm)	Yağış (mm)	Uygulanan toplam sulama suyu miktarı (mm)	Ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi (mm)
2016	I ₁	31.2	47.2	857.1	935.5
	I ₂	49.4		688.7	785.3
	I ₃	48.7		520.3	616.2
	I ₄	57.9		351.9	457.0
2017	I ₁	36.6	103.6	748.8	889.0
	I ₂	44.7		602.0	750.3
	I ₃	57.3		455.3	616.2
	I ₄	56.9		308.5	469.0

Denemede iki yıla ait verim ve verim parametrelerine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde sulama suyu artışına paralel olarak verimin de arttığı görülmektedir. Çalışmada ilk yıl 19.91 t ha⁻¹ ile 33.91 t ha⁻¹ arasında, ikinci yıl 20.74 t ha⁻¹ ile 42.92 t ha⁻¹ arasında pazarlanabilir biber verimi elde edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre yapılan sulama uygulamalarının toplam pazarlanabilir verime etkisi önemli bulunmuştur. Bunun sonucunda yapılan LSD testi sonucunda iki sulama konusunun I₁ ve I₂ konusunun aynı ve üst grupta yer aldığı görülürken, diğer iki sulama konusu olan I₃ ve I₄ konusu da aynı gruba girmiş ve alt grubu oluşturmuştur. Sulama düzeyleri arttıkça veriminde arttığı görülmektedir. Sezen ve ark., (2006) Tarsus'ta yaptıkları araştırmada, birinci yıl 21.62-33.14 t ha⁻¹, ikinci yılda ise 21.01- 35.29 t ha⁻¹, Dağdelen ve ark., (2004) Aydın koşullarında yaptıkları çalışmada verim değerlerini birinci yıl 20.25-30.06 t ha⁻¹, ikinci yıl 23.49-32.55 t ha⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Araştırmada bu çalışmalar ile yakın verim değerleri elde edilmiştir.

Tablo 4. Deneme konularına ilişkin verim ve bazı verim öğeleri

Table 4. Yield and some yield parameters measured from treatment

Sulama Konuları	Verim (t ha ⁻¹)			Meyve eni (cm)			Meyve boyu (cm)		
	Yıllar		Ortalama	Yıllar		Ortalama	Yıllar		Ortalama
	2016	2017		2016	2017		2016	2017	
I ₁	33.91	42.92	38.42 a	4.94	4.37	4.66	14.12	14.08	14.10
I ₂	32.19	37.71	34.95 a	4.53	5.24	4.89	13.62	15.30	14.46
I ₃	26.78	24.56	25.67 b	3.99	4.71	4.38	11.63	15.17	13.40
I ₄	19.91	20.74	20.33 b	4.36	4.87	4.62	11.79	16.78	14.28
Ortalama	28.20	31.48		4.46	4.82		12.79 b	15.34 a	
	Yıl: ns.			Yıl: ns.			Yıl:20.127**.		
LSD	Sulama konusu:7.448**.			Sulama konusu: ns			Sulama konusu: ns		
	Yıl×Sulama konusu: ns			Yıl×Sulama konusu: ns			Yıl×Sulama konusu: ns		

** : %1 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Meyve eni değerlerine çizelgeden bakıldığında ilk yıl 3.99 cm ile 4.94 cm aralığında, ikinci yıl 4.37 cm ile 5.24 cm aralığında değiştiği görülmektedir. Yapılan istatistik analizinde herhangi bir faktör önemli çıkmamıştır. Meyve

boyu değerleri incelendiğinde ilk yıl 11.63 cm ile 14.12 cm aralığında, ikinci yıl ise 14.08 cm ile 16.78 cm aralığında gerçekleşmiştir. Yapılan istatistik değerlendirmede yıllar arasında %1 düzeyinde farklılık olurken, 2017 üst grubu oluşturmuş, 2016 yılı ise alt grubu oluşturmuştur.

Tablo 5. Deneme konularına göre hesaplanan sulama suyu ve su kullanım randımanları

Table 5. Irrigation water use efficiency and water use efficient values calculated for treatments

Sulama Konuları	IWUE (kg m ⁻³)			WUE (kg/m ⁻³)		
	Yıllar		Ortalama	Yıllar		Ortalama
	2016	2017		2016	2017	
I ₁	3.95	5.73	4.84 b	3.62	4.82	4.22
I ₂	4.67	6.26	5.47 ab	4.09	5.02	4.56
I ₃	5.14	5.39	5.27 ab	4.34	3.98	4.16
I ₄	5.65	6.72	6.19 a	4.35	4.42	4.38
Ortalama	4.85 b	6.03 a		4.10	4.56	
	Yıl: 0.909**.			Yıl: ns.		
LSD	Sulama konusu: 0.926*.			Sulama konusu: ns		
	Yıl×Sulama konusu: ns			Yıl×Sulama konusu: ns		

*:%5 düzeyinde önemli, **:%1 düzeyinde önemli, ns:önemsiz

Denemede elde edilen verim değerlerinin uygulanan sulama suyu miktarları miktarlarına oranlanması ile elde edilen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri ile elde edilen verim değerlerinin bitki su tüketimine oranlanması ile elde edilen su kullanım randımanı değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere IWUE değerleri ilk yıl 3.95 ile 5.65 kg m⁻³ aralığında olmuş, ikinci yıl 5.39 ile 6.72 kg m⁻³ aralığında değişmiştir. Yapılan varyans analizine göre hem konular arasında hem de yıllar arasında önemli farklar elde edilmiştir. Yapılan LSD testi sonucuna göre yıllar arasında %1 düzeyinde önemlilik bulunmuş ve 2017 yılı üst grubu oluştururken, 2016 da alt grubu oluşturmuştur. Sulama konuları arasında da %5 düzeyinde farklılık tespit edilmiştir. Yapılan LSD testinin sonucuna göre 3 grup oluşmuş ve en üst grubu I₄ konusu almıştır. I₂ ve I₃ konusu orta grupta yer alırken, I₁ ise alt grubu oluşturmuştur. Çizelgeden su kullanım randımanı (WUE) değerlerine bakıldığında sulama konularına göre 4.16 ile 4.56 kg m⁻³ aralığında değiştiği görülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucu sulama düzeylerinin ve farklı yılların su kullanım randımanı üzerine etkisi bulunmamıştır.

4. Sonuçlar

Tekirdağ koşullarında damla sulama altında A sınıfı kaptan okunan buharlaşma değerlerinin 4 farklı miktarının (%50, %75, %100, %125) uygulanmasının kopya biberine olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışma 2016 ile 2017 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen verilere göre, araştırmanın ilk yılında tüm deneme konularına 33 kez sulama uygulaması ile 351.9 ile 857.1 mm arasında sulama suyu uygulanırken, ikinci yılda ise 34 kez sulama uygulaması ile 308.5 ile 748.8 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Deneme konularından ölçülen mevsimlik kopya biberi bitki su tüketimi değerleri 2016 yılında 457 ile 935.5 mm, 2017 yılında ise 469 ile 889 mm arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça ölçülen bitki su tüketimi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Çalışmada kopya biberinde farklı sulama düzeylerinin etkilerinin verime, meyve eni ve meyve boyuna etkileri değerlendirilmiştir. Denemenin ilk yılında 19.91 t ha⁻¹ ile 33.91 t ha⁻¹ pazarlanabilir biber verimi elde edilirken, ikinci yılında 20.74 t ha⁻¹ ile 42.92 t ha⁻¹ verim alınmıştır. Yapılan istatistik analizi sonucunda sulama uygulamalarının toplam pazarlanabilir verime etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İki yıllık ortalamalara göre I₁ (38.42 t ha⁻¹) ve I₂ (34.95 t ha⁻¹) konularının öne çıktığı görülmüştür. I₁ konusu en çok verim alınan konu olduğundan bölge koşullarında sulama düzeyi olarak alınabilir. Ancak daha az su kullanımından dolayı I₂ konusu da önerilebilir. Meyve eni değerleri değerlendirildiğinde ilk yıl 3.99 cm ile 4.94 cm arasında, ikinci yıl 4.37 cm ile 5.24 cm arasında değiştiği görülmektedir. Yapılan varyans analizinde sulama düzeylerinin ve yılların meyve eni üzerine etkisi önemsizdir. Meyve boyu değerlerine bakıldığında 2016 yılında 11.63 cm ile 14.12 cm aralığında,

2017 yılında ise 14.08 cm ile 16.78 cm aralığında değişmiştir. Yapılan istatistik analizde yıllar arasında %1 düzeyinde farklılık olurken, 2017 üst grupta yer almış, 2016 yılı ise alt grubu oluşturmuştur. Bu farklılığın ikinci yıldıki yağış değerlerinin yüksek olmasıyla açıklanabilir.

Çalışmada elde edilen verim değerleri ile uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri ilişkilendirilerek IWUE ve WUE değerleri elde edilmiştir. IWUE değerleri incelendiğinde 2016 yılında 3.95 ile 5.65 kg m⁻³ arasında, ikinci yıl 5.39 ile 6.72 kg m⁻³ arasında gerçekleşmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmede sulama konularında %5 düzeyinde önemli olmuş, I₄ konusu en üst grupta yer alarak öne çıkmıştır. IWUE yıllar açısından da %1 düzeyinde önemli çıkmıştır. 2017 yılı üst grupta yer alıp öne çıkarken bu durumun verim değerlerinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Hesaplanan WUE değerleri incelendiğinde sulama düzeylerinin ve farklı yılların su kullanım randımanı üzerine etkisi önemsizdir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde su kaynağının yeterli olduğu koşullarda 3 günlük toplam buharlaşma miktarının tamamının uygulandığı I₂ konusu, su kaynağının kısıtlı olduğu koşullarda ise 3 günlük toplam buharlaşma miktarının yarısının uygulandığı I₄ konusu önerilebilir.

Kaynaklar

- Anonim (2017). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu [www.biruni.tuik.gov.tr/ bitkiselapp/bitkisel.zul](http://www.biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul), (Erişim tarihi 10.04.2019)
- Antony, E., Singandhupe RB. (2004). Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annuum* L.). Agric. Wat. Manage. 65: 121-132.
- Atmaca, B., Erdem, DB. 2016. Tekirdağ Merkez ilçesindeki bazı akarsu yataklarındaki toprakların özellikleri. Toprak Su Dergisi 5 (1): 1-7.
- Dağdelen, N. (2001). Büyüm Menderes havzası koşullarında sanayi biberinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeyinin verim ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi (Doktora Tezi), İzmir.
- Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T., 2004. Effects of water stress at different growth stages on processing pepper (*Capsicum annuum*) yield, water use and quality characteristics. Pak. J. Biol. Sci. 7 (12), 2167–2172.
- Demirel, K., Genç, L., Saçan, M. (2012). Yarı Kurak Koşullarda Farklı Sulama Düzeylerinin Salçalık Biberde (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2):7-15
- FAO (2017). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (Erişim tarihi: 10.04.2019)
- Hekimoğlu, B., Altındeğer, M. 2010. Samsun ili kapyra biber üretim işleme ve pazar durumu. Samsun il Tarım Müdürlüğü. [http://samsun.tarim.gov.tr\(erişim: 08.03.2016\)](http://samsun.tarim.gov.tr(erişim: 08.03.2016))
- Karaağaç, O., Balkaya, A. 2010. Bafra Kırmızı Biber Populasyonlarının [*Capsicum annuum* L. var. conoides (Mill.) Irish] Tanımlanması ve Mevcut Varyasyonun Değerlendirilmesi, *Anadolu J. Agric. Sci.*, 25 (1): 10-20.
- Kanber, R. (1997). Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Genel Yayın No. 174. Ders Kitapları Yayın No. 52. 530s. Adana.
- Kanber, R., Steduto, P., Aydın, Y., Ünlü, M., Özmen, S., Çetinkökü, Ö., Özekici, B., Diker, K., Sezen, MS. (2004). Damla sulama sistemiyle fertigasyon uygulamalarının antepfıstığında gelişme, verim ve periyodisiteye etkisinin incelenmesi. Tübitak. TARP 1825.
- Sezen, S.M., A. Yazar, S. Eker., (2006). Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. Agricultural Water Management 81:115-131.
- Sezen, SM., Yazar, A., Tekin, S., Şengül, H. (2016). Salçalık Biber Bitkisinde Damla Yöntemiyle Uygulanan Farklı Sulama Düzeylerinin Verim Üzerine Etkileri ve Ekonomik Analizi. Araştırma Makalesi, KSÜ Doğa Bil. Derg., 19(3): 310-318, 2016
- Şen, E. (2015). Sanayi biberinde (*Capsicum annuum* L.) damla sulama uygulamalarının bazı verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yurtsever, N. (1984). Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No. 56. Ankara.
- Yıldırım, O. (2008). Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları: 1565, Ankara.
- Walker, WR., Skogerboe, GV. (1987). Surface Irrigation. Theory and Practice. Prentice- Hall. Englewood Cliffs. 375pp. New Jersey.
- Zhang, Y., Kendy, E., Qiang, Y., Changming, L., Yanjun, S., Hongyong, S. (1999). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China plain. Agric Water Manage 64: 107-122.

Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği

Determination of Spatial Distribution of Soil Moisture Constant Using Different Interpolation Model Case study, Isparta Atabey Plain

Pelin ALABOZ^{1*}, Sinan DEMİR², Orhan DENGİZ³

Özet


Enterpolasyon teknikleri toprak biliminde son yıllarda yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Özellikle, yoğun iş gücü ve emek gerektiren analiz sonuçlarının konumsal dağılımlarını belirlemek amacıyla ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW), radyal tabanlı fonksiyonlar (RBF) ve Kriging teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, Isparta ili Atabey ovası içerisinde 256 ha alan kaplayan yoğun tarım yapılan arazilerde gerçekleştirilmiştir. 200 m aralıklarla grid yöntemi ile toplam 113 adet yüzey (0-20 cm) toprak örnekleme yapılmış ve alınan örneklerin temel fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Toprakların su içeriklerine (Tarla kapasitesi-TK, Solma noktası-SN, Yarayışlı su içeriği-YSİ) yönelik uzaysal dağılım haritalarının belirlenmesi için deterministik ve stokastik (Ordinary Kriging -Küresel, Üssel, Gaussian ve Cokriging) modeller değerlendirilmiştir. Validasyon ve en uygun model seçimlerinde, ortalama mutlak hata (MAE) ve hata kareler ortalaması (RMSE) kullanılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki toprakların tekstür sınıfı kil, killi tın, kumlu killi tın, siltli kil, siltli killi tın olarak belirlenmiştir. Toprak organik madde içeriği genellikle düşük, kireç içeriği ise yüksek seviyelerde bulunmuştur. Hafif alkalın reaksiyonlu topraklarda, tuzluluk sorunu görülmemektedir. Tarla kapasitesi, SN ve YSİ sırasıyla % 23.30-47.57, 12.09-29.50, 9.98-21.87 arasında değişmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların tarla kapasitelerine ait uzaysal dağılımlarının elde edilmesinde en uygun model Ordinary Kriging'in Gaussian (RMSE: % 4.289; MAE: % 3.267) olarak belirlenirken, solma noktası değerlerinin uzaysal dağılımında stokastik yaklaşım olan Cokriging en uygun dağılımı (RMSE: % 3.187 ; MAE: % 2.450) göstermiştir. Toprakların yarayışlı su içeriklerinde ise en düşük RMSE (%1.421) ve MAE (% 1.115) ile IDW-1 en uygun model olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda farklı toprak özelliklerine göre enterpolasyon yöntemlerinin tahmin gücünde farklılıkların olduğu bulunmuştur.


Anahtar Kelimeler: Tarla kapasitesi, Solma noktası, Yarayışlı su, Enterpolasyon, Uzaysal dağılım

Abstract

In recent years, interpolation techniques have become a commonly used method in soil science. Inverse distance weighting (IDW), radial basis function (RBF), and Kriging techniques are widely used to determining the spatial distribution of particularly labor and effort-intensive analysis results. This present study was carried out in 256 ha of Atabey Plain where has been intensively used as agricultural activity. A total of 113 soil samples (0–20 cm) were collected on a 200 m-spaced grid, and it was determined for basic Physico-chemical properties in all soil

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Pelin ALABOZ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta ve Türkiye. E-mail: pelinalaboz@isparta.edu.tr  OrcID: 0000-0001-7345-938X

² Sinan DEMİR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta ve Türkiye. E-mail: demirsinan.07@gmail.com  OrcID: 0000-0002-1119-1186.

³ Orhan DENGİZ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun ve Türkiye. E-mail: odengiz@omu.edu.tr  OrcID: 0000-0002-0458-6016.

Atıf/Citation: Alaboz, P., Demir, S., Dengiz, O. (2020). Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 432-444.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020

samples. In order to determine the spatial distribution of soil moisture constant (Field capacity-FC, Wilting point-WP, and Available water capacity-AWC), deterministic and scholastic (Ordinary kriging-Spherical, Exponential, Gaussian and Cokriging) models were used. In addition, mean absolute error (MAE) and root-mean-square error (RMSE) were used to select and validate the best methods. Texture class of soils was determined as clay, clay loam, sandy clay loam, silty clay, silty clay loam in the study area. Soil organic matter content was generally found at low levels and lime content was at high levels. Soils have a slightly alkaline reaction and salinity problem is not observed. Field capacity, WP and AWC varied between 23.30-47.57, 12.09-29.50, 9.98-21.87 %, respectively. According to obtained results, it was found the Gaussian model of OK (RMSE: % 4.289; MAE: % 3.267) for FC as the best model while the most suitable model was Cokriging (RMSE: 3.187%; MAE: 2.450%) for WP. The lowest RMSE (1.421%) and MAE (1.115%) values were determined in IDW-1 for the available water contents of soils. As a result of the study, it was found that there are differences in the predictive accuracy of interpolation methods according to different soil properties.

Keywords: Field capacity, Wilting point, Available water, Interpolation, Spatial distribution

1. Giriş

Sanayileşen ülkeler tarafından yoğun olarak atmosfere salınan sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma; yağış ve sıcaklıklardaki farklılıklar ile iklim değişikliklerine, su kaynaklarının azalmasıyla kuraklığa neden olmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak, 2013-2040 yılı periyodunda ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sıcaklığın 3 °C artacağı, ayrıca sonbahar yağışlarında azalışların olacağı belirtilmektedir (IPCC, 2014). Gelecekte beklenen kuraklık senaryolarına göre, tarımın en temel ihtiyacı olan suyun önemi gün geçtikçe daha da artacaktır. Ülkemizin yıllık ortalama 112 milyar m³ 'lük kullanılabilir su potansiyelinin %16'sını içme ve kullanmada, %12'si, sanayide %72'si ise tarım sektöründe değerlendirilmektedir (DSİ, 2019). Kullanılabilir su potansiyelinin çoğunluğunun tarım sektöründe olduğu göz önüne alındığında toprak neminde ortaya çıkacak azalış; tarımsal üretkenliği olumsuz etkileyerek gelecekte insanların besin gereksinimlerinin karşılanmasında büyük zorluklara yol açacaktır. Bitki yetiştirme ortamında optimum verim için toprakların yarayışlı su ihtiyaçlarının bilinmesi ve bu su düzeyine göre sulamaların yapılması kısıntılı olan suyun ideal kullanımı için oldukça önemlidir (Grewal ve ark., 1990). Bitkilerin sulama zamanı ve verilecek su miktarının belirlenmesinde nem sabitelerinin (tarla kapasitesi, solma noktası) bilinmesi oldukça önemlidir (Mbah, 2012). Sulama programlamalarında verilen suyun ne kadarının toprağın kaç cm'sini ıslatacağı ya da ne kadarının kök bölgesinden uzaklaşacağını değerlendirebilmek için tarla kapasitesi, solma noktası seviyesinde tutulan toprak nem miktarının bilinmesi gerekmektedir. Tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki nem aralığı olan yarayışlı su içeriği de mevcut olan suyu saklama ve serbest bırakma kapasitesini gösteren (Silva ve ark., 2014), toprakların fiziksel özellikleri ve kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir (Hong ve ark., 2013). Genellikle toprak örneklemesine özgü elde edilen nem sabiteleri noktasal bazlıdır. Bazı noktalardan alınan toprak örnekleri araziye tam anlamıyla temsil etmemekte söz konusu özelliğin alansal bazlı dağılımının belirlenmesi ile daha etkili sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Toprak özellikleri farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde çeşitli faktörler tarafından kontrol edilmektedir. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri çok kısa mesafelerde değişkenlik gösterebilir (Yıldız, 2011; Aşkın ve ark., 2016). Araziler heterojen bir yapıya sahip ve incelenen özellikler arasında varyasyon yüksek seviyelerde olduğundan kısa mesafelerdeki bu değişkenlik üretim potansiyeli için önemlidir. Çalışılan bir alanda yoğun toprak örnekleme uygulanabilir ve ekonomik bir yaklaşım değildir. Tarımsal alanlarda toprak özelliklerinin mekânsal ve zamansal değişkenliğini anlamak doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önemlidir (Sağlam ve ark., 2014). Bu kapsamda toprakların mekânsal değişkenliklerinin saptanabilmesi adına jeostatistiksel metotlar son dönemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bölgede oluşturulan dağılım haritalarında farklı enterpolasyon teknikleriyle mekânsal değişiklikler belirlenebilmektedir. (Özyazıcı ve ark., 2016; Tunçay ve ark., 2018; Dengiz ve ark., 2019; Aydın ve Dengiz, 2019; Arslan 2012; Arslan 2014; Bayat ve ark., 2013; Celilov ve Dengiz, 2019). Noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için deterministik ve stokastik olarak 2 farklı enterpolasyon tekniği bulunmaktadır. Deterministik yöntemlerden; ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) ya da farklı özelliklerde bağlayıcı eğri oluşturma (spline) radyal tabanlı fonksiyonlar (RBF), jeostatistik yöntemlerden (stokastik) ise doğal kriging (OK), basit kriging (SK), evrensel kriging, cokriging (CoK) ve indikatör kriging (IK) kullanılan yöntemler arasındadır. Tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su gibi nem sabitelerinin mekânsal değişiminin izlenmesi özellikle su kısıtı gözlenen kurak ve yarı kurak alanlarda verimliliğin arttırılabilmesi adına önemli bir yaklaşımdır.

Yoğun tarımsal üretimin gerçekleştiği Isparta ilinde tarımsal üretimin yapıldığı önemli ovalarından biri Atabey Ovasıdır. Ürün veriminde oldukça önemli olan suyun etkin kullanımı adına bölgede tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içeriğinin mekânsal dağılımı olarak belirlenmesi ve buna uygun sulama programlarının planlanması kısıntılı olan su kullanımında optimum verime katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada; i-) Ovada dağılım gösteren toprakların tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içeriklerinin değerlendirilmesi, ii-) söz konusu nem sabitelerinin farklı enterpolasyon modelleri ile değerlendirilmesi ve dağılım haritalarında en güvenilir enterpolasyon yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Bu çalışma, Isparta ilinin Atabey ilçesinde yürütülmüştür. Çalışma alanı Batı Akdeniz bölgesi sınırları içerisinde Isparta il merkezinin 15 km doğusunda bulunmakta olup 4197100-4198600N kuzey enlemleri -294200-295700E doğu boylamları (WGS-84, UTM-m, 36 Zon) arasında yer almaktadır. Çalışma alanı 256 ha olup, deniz seviyesinden yükseklik 884 m ile 974 m arasında yer almaktadır. Alan, Atabey Ovası içerisinde düz düze yakın (%0-2) eğimlidir. Eğim kuzeye doğru ilerledikçe artış göstermektedir (Şekil 1).

Atabey ilçesi yaklaşık 8558 ha (%38.45) tarımsal alana sahiptir. Tarım arazilerin % 5.84'ünü kuru tarım, % 14.81'ini sulu tarım, % 8.72' sini sulanmayan karışık tarım, % 7.11'ini sürekli sulanan karışık tarım, % 0.81'ini mera alanları ve %1.16'lık kısmını diğer alanlar oluşturmaktadır (Corine, 2018). Bölge kolüvyal büyük toprak grubu içerisinde olup düz ve düze yakın eğimli, I. sınıf arazi yetenek sınıfında yer almaktadır. Bölge jeolojisini holosen yaşlı birikintiler oluşturmaktadır. Atabey Ovası doğusu, kuzeyi ve güneyi yüksek dağlarla çevrili dışarıya açılan akıntısı olmayan çanak görünümündedir. Jeolojik süreç içerisinde Mesozoil Tersiyer kireçtaşları, taşınmanın etkisiyle çanak biçiminde olan ovanın eteklerinde ve ortasında birikimler oluşturmaktadır. (Akgül ve ark., 2001).

Çalışma alanının uzun yıllar (1960-2018) meteorolojik verilerine göre (MGM, 2018), bölgedeki yarı kurak iklim tipi hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve evapotranspirasyon sırasıyla 12.5 °C, 466.8 mm ve 724.58 mm'dir. Toprak iklim rejimi için Newhall simülasyon modeline göre, çalışma alanının toprak sıcaklığı ve nem rejimleri sırasıyla mesic ve xeric (alt grupta kuru xeric) 'dir (Van Wambeke, 2000).

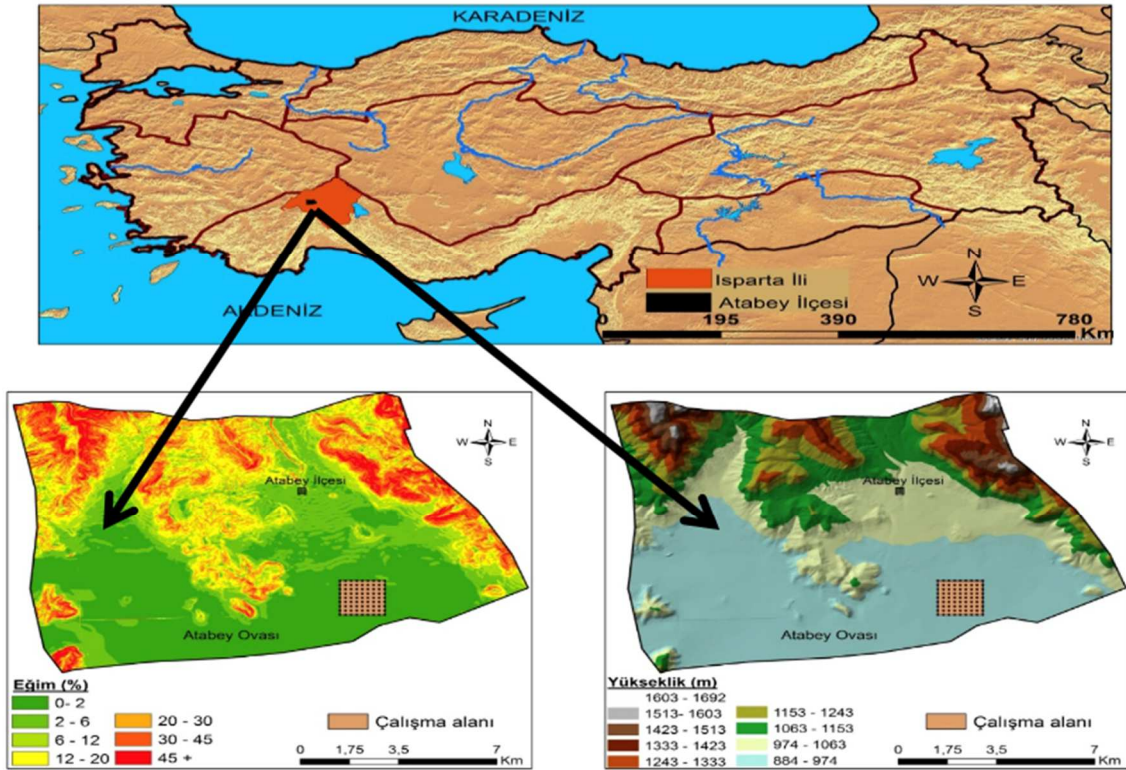


Figure 1. Location, height and slope maps of the study area

Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon, yükseklik ve eğim haritaları

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme ve analizler

Atabey Ovası içerisindeki çalışma alanında, 200 m mesafeli grid sistemi oluşturulmuş ve oluşturulan grid yöntemine göre 113 noktadan bozulmuş ve bozulmamış yüzey örnekleme (0-20 cm) yapılmıştır. Örnekleme noktalarının %70'i grid yöntemine göre % 30'u ise validasyon için grid noktaları arasından (100m) seçilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler, köklerden ve kaba parçacıklardan ayrıldıktan sonra fiziksel ve kimyasal analiz için hazır hale getirilmiştir.

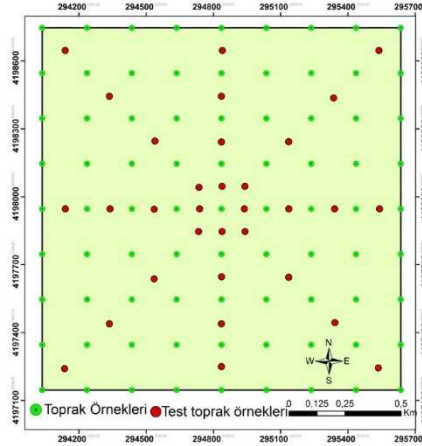


Figure 2. Soil sampling pattern

Şekil 2. Toprak örnekleme deseni

Toprakların tekstürü (% kum, silt, kil) Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1962), hacim ağırlığı 100 cm³ hacmine sahip bozulmamış örnek alma silindirleri yardımıyla belirlenmiştir (Burt, 2014). 1:1 toprak-su süspansiyonunda toprakların elektriksel iletkenlik (EC) ve pH'ları belirlenmiştir (U.S.Salinity Laboratory Staff, 1954; Kacar, 2009). Volumetrik kalsimetre yöntemiyle eşdeğer kireç (CaCO₃) içeriği (Soil Survey Staff, 1992), değiştirilmiş Walkley-Black yöntemiyle ise toprakların organik madde (OM) içerikleri hesaplanmıştır (Kacar, 2009). Tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) için 0.33bar ve 15bar tansiyonlarda tutulan su, seramik tablalı pF seti (U.S.A, Soil Moisture Equipment Corp.) yardımıyla hacimsel olarak belirlenmiştir. Yarıyışlı su içerikleri (YSİ) tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki fark alınarak bulunmuştur (Burt, 2014).

2.2.2. Enterpolasyon yöntemleri

İncelenen toprak özelliklerinin temel tanımlayıcı istatistikleri (minimum, maksimum, çarpıklık, basıklık vb), Minitab 16 paket programında belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin dağılımları Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiştir. Bu çalışmada, TK, SN ve YSİ'nin mekansal dağılımını tahmin etmek için farklı enterpolasyon yöntemleri [Ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW), radyal tabanlı fonksiyonlar (RBF), ordinary kriging (OK) ve cokriging (CoK)] uygulanmıştır.

Çalışmada, jeoistatistiksel çalışmalarda en yaygın kullanılan OK ve CoK (Cemek ve ark. 2007; Zhou ve ark. 2012) yöntemi seçilmiş, jeoistatistiksel tahminden önce, örnek çiftleri arasındaki mesafe sınıfları için bir variogram hesaplanmıştır. Ordinary kriging metotlarında Küresel (Spherical), Üssel (Exponential) ve Gaussian modeller kullanılmıştır. Cokriging yönteminde, uzamsal dağılımlar oluşturmak için küresel bir variogram modeli kullanılmıştır. Tahminler aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Eş. 1).

$$Z = \sum_{i=1}^n W_i \cdot Z(X_i) \quad (\text{Eş. 1})$$

Z: tahmin değeri, Z(X_i): X_i'de ölçülen değer, W_i: Z (X_i) verilerine atanan ağırlıktır, n: alanda kullanılan örnek sayısı.

Çalışma alanında TK, SN ve YSİ değerlerinin kil içeriğini yardımcı değişken olarak kullanarak alansal dağılım haritasını oluşturmak ve nokta kestirimi yapmak amacıyla CoK aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Eş.2).

$$Z = \sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i + \sum_{j=1}^m W_j \cdot Y_j \quad (\text{Eş.2})$$

Z: tahmin değeri, W_i W_j , sırasıyla Z ve Y değişkenlerine ait ağırlıkları, m ve n'ler ise sırası ile Z ve Y değişkenlerine ait kestirimde kullanılan veri sayısını ifade eder.

Ters mesafe komşuluk benzerliği yöntemi, örneklenmiş noktalardaki değerlerin doğrusal kombinasyonunu kullanarak örneklenmemiş noktalardaki değerleri, uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanarak tahminler oluşturmaktadır. Ters mesafe komşuluk benzerliği enterpolasyonu, coğrafi bilgi sistemlerinde nokta verilerinden raster katmanları oluşturmak için kullanılır. Veriler düzenli bir grid sisteminde olduğunda, kontur çizgileri enterpolasyonlu değerlerden geçirilebilir ve harita bir vektör kontur haritası veya raster gölgeli bir harita olarak oluşturulabilir (Burrough ve Mcdonnell 1998). Tahminler aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Eş. 3).

$$Z = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i/d_i^m)}{\sum_{i=1}^n (1/d_i^m)} \right] \quad (\text{Eş.3})$$

Z: tahmin edilen değer, Z_i : bilinen noktadaki değer, d_i : i noktası ile değeri tahmin edilecek noktadaki mesafe, m: ağırlık kuvveti (genellikle 1-5 arasında kullanılır). Bu çalışmada IDW'nin tahmininde yaygın olarak kullanılan ağırlık kuvvetleri (1, 2 ve 3. kuvvet) kullanılmıştır (Pirmoradian ve ark.2010; Keshavarzi ve Sarmadian 2012).

Radyal tabanlı fonksiyonlar yönteminde, enterpole edilmiş yüzeyin, ölçülen her numune değerinden geçmesi gereken bir dizi kesin enterpolasyon tekniği kullanılmaktadır. Çok boyutlu verilerin enterpolasyonunda kullanılan bir yöntemdir. İnce plaka spline (Thin-plate spline-TPS), gergin spline (Spline with tension-SPT), tamamen düzenli spline (Completely regularized spline-CRS), çoklu kuadrik fonksiyon (MQ) ve ters kuadrik fonksiyon (IMQ) olmak üzere beş farklı temel fonksiyon ile tahminlemeler yapılabilmektedir (Xie ve ark.2011). En yaygın kullanılan CRS, TPS ve SPT radyal fonksiyon enterpolasyonları, tarla kapasitesi, solma noktası ve yarıyıllı su içeriği dağılımını değerlendirmek için seçilmiştir.

2.2.3. Enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Modellerin tahmin gücünün değerlendirilmesinde çapraz validasyon ve validasyon, yöntemleri tercih edilmektedir. Bu çalışmada, enterpolasyon yöntemlerinin değerlendirmek için bağımsız bir veri seti kullanılmıştır. Birçok araştırmacı, en iyi örnekleme tekniklerini belirlemek için farklı eğitim ve test setleri kullanmaktadır. Farklı oranlarda olmak üzere tahmin modellerinde bir eğitim birde modeli doğrulama setleri kullanılmaktadır (Tutmez ve Hatipoğlu 2010; Falamaki 2011; Ahmadi ve Dezfouli 2011). Bu çalışmada, 113 örnekleme noktası rastgele iki gruba ayrılmıştır. Örnekleme noktalarının %70'i modelleri geliştirmek için, % 30'u ise bağımsız bir doğrulama işlemi için kullanılmıştır. Farklı enterpolasyon teknikleri ile gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için hata kareler ortalaması karekökü (RMSE), mutlak ortalama hata (MAE) ve belirleme katsayısı (R^2) parametreleri kullanılmıştır. Yüksek R^2 ve düşük RMSE ve MAE en doğru tahminleri göstermektedir. Tahminler aşağıdaki formüller kullanılarak belirlenmiştir (Eş. 4, 5, 6).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i - Z| \quad (\text{Eş. 4})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z)^2}{n}} \quad (\text{Eş. 5})$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum Z_i Z - \frac{\sum Z_i \sum Z}{n}}{\sqrt{\left[\sum Z_i^2 - \frac{(\sum Z_i)^2}{n} \right] \left[\sum Z^2 - \frac{(\sum Z)^2}{n} \right]}} \right]^2 \quad (\text{Eş. 6})$$

Z_i : tahmin değeri, Z: gerçek değer, n: gözlem sayısı

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Toprakların genel özellikleri

Toprakların temel fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımsal istatistik değerleri Tablo 1’de belirtilmiştir. Çalışma alanı topraklarının kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %10.08-64.61, %16.35-60.18, %17.16-57.70 arasında değişmektedir. Orta-ince bünye grubunda alan toprakların tekstür sınıfları C, CL, SCL, SiC, SiCL olarak belirlenmiştir. Akgül ve ark., (2002) Ova toprakları için yaptıkları toprak etüd ve haritalama çalışmasında toprakların %81’ini orta-ince, %19’unu kaba tekstürlü olarak belirlemişlerdir. Toprakların varyasyon katsayılarında değişkenlik en yüksek organik madde, en düşük ise pH’da belirlenmiştir.

Tablo 1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Table 1. Descriptive statistics of soil properties

	Min.	Max.	VK(%)	Çarpıklık	Basıklık
Kum (%)	10.08	64.61	39.96	0.76	0.16
Silt (%)	16.35	60.18	22.72	0.47	0.86
Kil (%)	17.16	57.70	30.85	0.21	-1.18
pH	7.85	8.39	1.33	-0.34	0.35
EC (dS m ⁻¹)	0.13	0.37	24.15	0.64	-0.12
OM (%)	0.38	3.87	55.07	0.90	0.94
CaCO ₃ (%)	14.77	34.27	17.76	0.33	0.06
HA(g cm ⁻³)	1.07	1.72	9.87	0.22	-0.28
TK (%)	23.30	47.57	11.30	0.21	0.78
SN (%)	12.09	29.50	14.66	0.16	0.27
YSİ(%)	9.98	21.87	13.68	0.83	1.49

EC: Elektriksel iletkenli, OM: Organik madde, CaCO₃:Eşdeğer kalsiyum karbonat içeriği, Ha: Hacim ağırlığı, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, YSİ: Yarıyışlı su içeriği, Örnek sayısı (n):113

Toprakların pH’ları 7.85-8.39, EC içerikleri ise 0.13-0.37 dS m⁻¹ arasında değişmektedir. Genellikle hafif alkalın reaksiyonlu topraklarda, tuzluluk sorunu görülmemektedir. Toprakların kireç içerikleri % 14.77-34.27, organik madde ise % 0.38-3.87 arasında değişim sergilemiştir. Doran ve Jones, (1996); Kacar, (2009); Hazelton ve Murphy, (2016)’ya göre kireçli ve çok fazla kireçli sınıfları arasında bulunan toprakların organik madde içerikleri genellikle düşük seviyelerde belirlenmiştir. Organik madde içeriklerindeki pozitif çarpıklık katsayısı sağa çarpıklığın bir göstergesidir. Bu durum düşük organik madde içerikli örnek sayısının fazla olduğunun bir sonucudur. Göller bölgesi topraklarının % 65’inin organik madde içerikleri az (% 0 - 2) sınıfta yer almaktadır (Güçdemir, 2006). Söz konusu bu düşüklük tipik olarak kurak ve yarı kurak bölgelerde vejetasyonun zayıflığı ve işlemeyle birlikte oksitlenmenin artmasıyla ilişkilendirilebilir. Toprakların pH özelliği sola çarpık (sağa yığılma) olup diğer özellikler sağa çarpık (sola yığılma) dağılım göstermiştir. Kil, HA ve EC normale göre daha basık (-) dağılım eğrisi oluştururken, CaCO₃ dışında diğer özellikler normale göre daha dik (+) bir dağılım sergilemiştir. Atabey ovası çevresinde kireç taşlarından oluşmuş yamaçların bulunması (Akgül ve ark., 2001) çalışma alanının kireç içeriklerinin yüksekliğinin bir göstergesidir. Toprakların hacim ağırlığı içerikleri 1.07-1.72 g.cm⁻³’dir. TK, SN ve YSİ içerikleri sırasıyla % 23.30-47.57, 12.09-29.50, 9.98-21.87 aralıklarında değişim göstermiştir. Rawls ve ark. (1982), orta-ince tekstür grubu toprakların, TK ve SN seviyelerini % 12.6-46.6, ve % 3.1-33.6 aralıklarında belirlemiştir. Toprağın TK ve SN içerikleri; tekstür, organik madde ve strüktüre bağlı olarak değişim göstermekte olup tane büyüklüğünün küçülmesi, organik madde içeriğinin artması ve strüktürün iyileşmesi ile söz konusu nem sabitelerinde tutulan nem miktarı artmaktadır (Karahana ve ark., 2014). Ortalama nem içerikleri karşılaştırıldığında TK (% 34.91) ile SN (% 20.53) arasında yaklaşık 1.7’lik kat oranı bulunmaktadır. Diallo ve Mariko (2013), söz konusu bu oranı 1.6 olarak belirlemiştir. Toprak özelliklerindeki değişkenliği belirlemede kullanılan varyasyon katsayısı incelendiğinde pH, HA, TK, SN ve YSİ ‘düşük’, CaCO₃, EC ve kil, silt ‘orta’ diğer özellikler ise ‘yüksek’ değişkenlik göstermiştir (Wilding 1985). Stabil olan toprak özellikleri diğer dinamik özelliklere göre daha dar bir aralıkta değişmektedir (Wilding ve ark. 1994). Değişim aralığının dar olması varyasyon katsayısının düşük olmasının bir sebebidir.

3.2. Toprak Su İçeriğinin Belirlenmesinde Uygun Modellerin Belirlenmesi ve Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Toprakların TK, SN, YSİ ile kil oranlarına ait dağılımlar Kolmogorov-Smirnov testi ile kontrol edilmiş yarıyışlı su içerikleri hariç normal dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Dağılım haritalarının oluşturulma aşamasında kullanılan özelliklerin dağılım durumları Kolmogorov-Smirnov testi ile test edildikten sonra normal olmayan verilere hangi dönüşümlerin yapılacağı çarpıklık katsayılarına bakılarak değerlendirilmiştir. Tarla kapasitesi ve SN değişkenlerinin basıklık değerinin pozitif olması normalden daha dik bir dağılıma ve çarpıklık katsayılarının da 0'dan büyük olması nedeniyle + yöne eğimli ve sağa çarpık bir dağılımın göstergesidir. Özellikle YSİ'de çarpıklık değeri 0.5'den büyük olması nedeniyle logaritmik dönüşüm kullanılmıştır. Ayrıca kil, TK, SN ve YSİ için oluşturulan yarıvariogram modellerin uygunluğunun değerlendirilmesinde RMSE, MAE ve R² değerleri hesaplanarak RMSE ve MAE değerlerinde en düşük, korelasyon katsayısı değerinde ise en yüksek değer dikkate alınarak kontrol edilmiştir. Degado ve ark., (2010)' a göre 0.90 ve üzeri korelasyonun çok iyi olduğunu, 0.90 - 0.80 arasında yüksek 0.80 - 0.70 arasında iyi, 0.70 - 0.60 arasında orta, 0.60 - 0.50 arasında düşük, 0.50 den düşük ise çok düşük korelasyon olduğunu belirtmiştir. Çalışmada korelasyon katsayısı değerleri 0.5 den düşük çıkması nedeniyle R² değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca yüksek R² her zaman gözlemlerin iyi tahminde bulunacağına anlamına gelmemektedir (Gujarati, 2003). Modelin değişim yönüyle tahmin edicilerinin aynı olması gerekmektedir. Farklı olması durumunda R²'ye göre geçerliliği düşük olan bir model RMSE ve MAE'ye göre yüksek doğruluk gösterebilmektedir. Bu nedenle çalışmada, birçok çalışmada da yaygın olarak kullanılan RMSE ve MAE değerleri kullanılmıştır (Arslan, 2014; Mihalikova ve ark. 2015; Tunçay ve ark. 2018).

Enterpolasyon modeller kullanılarak herhangi bir toprak özelliğinin mekânsal değişim deseninin belirlenmesi, incelenen toprak özelliğinin çalışma sahası içerisinde herhangi bir noktadaki değerini, en az hata ile tahmin etmeye imkân sağlar. Böylece, toprak özelliklerinin enterpolasyon analizi sonucu elde edilen değişim haritaları, inceleme alanı için arazi yönetimi ile ilgili en uygun planlama ve yönetim kararlarının alınması ve uygulanmasına olanak verir (Öztaş, 1996; Özyazıcı ve ark., 2015; Gülser ve ark., 2016; Çelik ve Dengiz, 2017). Ele alınan toprak parametrelerinin dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla 10 adet enterpolasyon modellerine ait eğitim ve test verilere ait RMSE ve MAE değerleri elde edilmiş ve Tablo 2'de verilmiştir. Hata kareler ortalaması karakökü değerleri tüm modellerde genellikle MAE değerlerinde biraz yüksek olarak belirlenmiştir. Aralarındaki farkın artmış olması veri seti içerisindeki değişimin daha yükselmesine neden olur.

Tablo 2. Eğitim ve test verilerinin OK, IDW, CoK ve RBF ait MAE ve RMSE değerleri

Table 2. MAE and RMSE values of training and test data belonging to OK, IDW, CoK and RBF.

Toprak Su	Veri Seti	İstatistiksel Özellik	OK			IDW			CoK		RBF	
			K	Ü	G	1	2	3	K	CRS	STP	TPS
TK	Eğitim	MAE	3.277	3.284	3.267	3.283	3.413	3.561	3.255	3.722	3.569	4.723
	Verisi	RMSE	4.299	4.308	4.289	4.335	4.472	4.643	4.281	4.824	4.656	6.190
	Test	MAE	3.544	3.533	3.531	3.505	3.592	3.679	3.557	3.698	3.621	3.906
	Verisi	RMSE	4.235	4.235	4.234	4.267	4.441	4.643	4.240	4.674	4.511	5.075
SN	Eğitim	MAE	2.467	2.476	2.457	2.488	2.552	2.624	2.450	2.722	2.631	3.431
	Verisi	RMSE	3.209	3.219	3.201	3.255	3.313	3.393	3.187	3.495	3.406	4.364
	Test	MAE	2.865	2.886	2.843	2.950	3.053	3.131	2.842	3.180	3.109	3.331
	Verisi	RMSE	3.397	3.420	3.374	3.495	3.640	3.776	3.373	3.839	3.719	4.129
YSİ	Eğitim	MAE	1.823	1.767	1.772	1.753	1.878	1.937	1.787	1.989	1.927	2.555
	Verisi	RMSE	2.402	2.340	2.350	2.316	2.408	2.483	2.320	2.562	2.483	3.199
	Test	MAE	1.199	1.179	1.801	1.115	1.169	1.257	1.199	1.272	1.204	1.423
	Verisi	RMSE	1.549	1.503	1.528	1.421	1.468	1.555	1.549	1.587	1.506	1.870

TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, YSİ: Yarıyışlı su içeriği, MAE:Ortalama mutlak hata (%), RMSE: Hata kareler ortalaması karakökü(%), K: Küresel, Ü: Üssel, G: Gaussian, CoK: CoKriging

Modeller arasında karşılaştırmanın yapılmasında Tablo 2' den de görüleceği üzere, TK için modeller arasında gerek eğitim verilerinde gerekse de test verilerinde en düşük RMSE ve MAE değerlerini OK'ya ait Gaussian model

vermiş iken, SN’de CoK’a ait küresel model belirlenmiştir. Topraklarda YSİ için en uygun dağılım modeline ait en düşük RMSE ve MAE değeri gerek eğitim verisinde gerekse de test verilerinde IDW modele ait 1. kuvvette belirlenmiştir.

Tarla kapasitesinin konumsal dağılım haritası oluşturulmasında OK’un üç varyogram modelleri içerisinde Gaussan model eğitim verisinde MAE değeri % 3.267, test verisinde ise % 3.531 olarak belirlenirken RMSE değeri eğitim verisinde % 4.289 ve test verisinde % 4.234 olarak yakın değerler sergilemiştir (Tablo 2). Buna karşın en yüksek değerler ise RBF ait alt modellerde belirlenmiştir. Beş alt modele sahip olan RBF içerisinde araştırmalarda en fazla kullanılan CRS, STP ve TPS modeller mevcut çalışmada ele alınmıştır (Teartısüp ve ark, 2007; Arslan, 2014). Ele alınan varyogram modellerden TPS’de, eğitim ve test verilerinde MAE değerleri sırasıyla % 4.723 ve 3.906, RMSE değerlerinde ise % 6.190 ve 5.075 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Dağılım haritalarının oluşturulması ele alınan alan içerisinde problem olan yer veya yerlerin belirlenmesi ile, alan içerisindeki dikkate alınan herhangi bir özelliğin eğilim dağılımlarını göstermesi açısından önemli kanıtları ortaya koymaktadır. Bu nedenle her bir farklı ekolojik alan için alana ait güvenilir ve doğru konumsal dağılım haritaların üretilmesinde çoklu model karşılaştırmaların yapılması ve en uygun modelin belirlenmesi en doğru yaklaşım olarak görülmektedir. Mevcut çalışma alanının TK dağılım haritası ise OK’ın Gaussan modeline göre oluşturulmuş ve Şekil 3’ de verilmiştir. Çalışma alanı içerisinde TK büyük oranda %33.16 ile 36.04 arasında değişmekte olup, güney doğu kesimlere doğru bu oran bir miktar azalarak %31.18’e kadar azalmaktadır. Kriging yönteminde sadece birincil değişkene ait veriler kullanılarak kestirim yapılmaktadır. Ancak CoK (eş kestirim) yönteminde ikincil veriler de kullanılarak birincil verilerin olmadığı konumlarda ikincil veriler kullanılarak kestirim kalitesi arttırmak mümkündür. Fakat bu her zaman en iyi modeli belirleyecek anlamına da gelmemektedir.

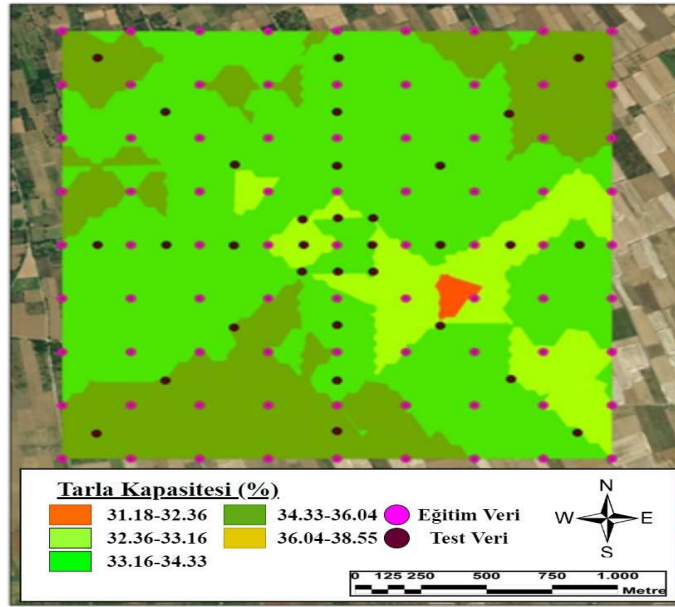


Figure 3. Field capacity distribution map of the study area

Şekil 3. Çalışma alanına ait tarla kapasitesi dağılım haritası

Toprakların SN’ye ait konumsal dağılım haritası oluşturulmasında en düşük RMSE ve MAE değeri diğer modeller ile karşılaştırıldığında CoK’a ait semivariogram olarak küresel modelde belirlenmiştir. Eğitim ve test verilerinde MAE değerleri sırasıyla % 2.450 ve 2.842, RMSE değerlerinde ise % 3.187 ve 3.373 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Mihalikova ve ark., (2016) Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde tarım arazilerine ait 3400 toprak örneği ile *k*-Nearest pedotransfer fonksiyon kullanılarak tahminleme yaptıkları çalışmada, toprakların SN dağılım haritası oluşturulmasında sekiz model kullanılmış ve RMSE değerleri dikkate alınarak simple kriginge ait Gaussan model ile en yüksek doğruluklu dağılım haritası üretilmiştir. Mevcut çalışmada, SN değerleri kil yardımcı değişkeni ile CoK yöntemi aracılığıyla tahmin edilmiş ve dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4). Solma noktası özellikle kil miktarına da bağlı olarak çalışma alanının güney kesimlerinde artış gösterirken orta kesimlerde bu oran azalma eğilimi sergilemiştir.

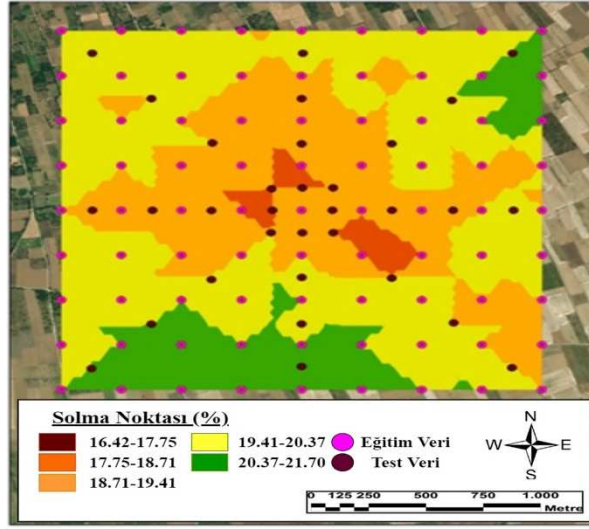


Figure 4. Wilting point distribution map of the study area

Şekil 4. Çalışma alanına ait solma noktası dağılım haritası

Toprakların YSİ değerlerine ait konumsal dağılım haritası oluşturulmasında en düşük RMSE ve MAE değerleri, diğer modeller ile karşılaştırıldığında IDW-1’de elde edilmiştir. Eğitim ve test verilerinde MAE değerleri sırasıyla % 1.753 ve 1.115, RMSE değerlerinde ise % 2.316 ve 1.421 olarak belirlenmiştir. Buna karşın MAE ve RMSE değerleri OK’a ait Gaussan modeli test verileri için en yüksek model olarak gözükmüşken, eğitim verileri için RBF’e ait TPS modeli belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının YSİ’ye ait dağılım haritası ise IDW-1 modeline göre oluşturulmuş ve Şekil 5’de verilmiştir. Yarıyışlı su içeriği özellikle çalışma alanının orta ve kuzey, kuzey batı kesimlerinde artış, kuzey doğu ve güney doğu kesimlerde azalma eğilimi göstermiştir.

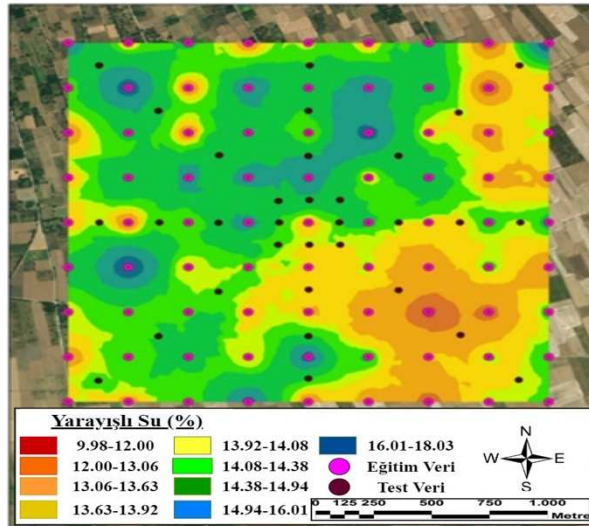


Figure 5. Available water distribution map of the study area

Şekil 5. Çalışma alanına ait yarıyışlı su dağılım haritası

4. Sonuç

Çalışma Isparta ilinin yoğun tarım uygulamalarının yapıldığı Atabey Ovasında gerçekleştirilmiş olup çalışmada; 200 m aralıkla oluşturulan grid sisteminden eğitim verisi olarak 81 toprak örneği ile test verileri oluşturmak amacıyla da 32 noktadan toplamda 113 toprak örneği ile toprakların su içeriklerine yönelik olarak TK, SN ve YSİ'nin farklı enterpolasyon modeller kullanarak konumsal dağılım haritaları elde edilmiştir. Kullanılan enterpolasyon modellerinden iki tanesi deterministik (IDW ve RBF), diğer iki tanesi ise (OK ve CoK) stokastik modellerdir. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak önce her bir değişken için tanımlayıcı istatistikler yapılmış, daha sonra uzaysal değişkenliği belirlemek amacıyla uygun teorik variogramlar belirlenmiştir. Seçilen variogram modellerinin, alanın uzaysal yapısının doğru olarak yansıtmayı yansıtmadığı çapraz doğrulama analizleri ile kontrol edilmiştir. Modellerin karşılaştırarak en uygun modellerin belirlenmesinde, MAE ve RMSE değerleri dikkate alınmış ve test verileri ile oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Alanda dağılım gösteren toprakların TK'ya ait uzaysal dağılımlarının elde edilmesinde en uygun model OK'nın Gaussian modeli belirlenirken, SN'nin uzaysal dağılımında stokastik yaklaşım olan CoK en uygun dağılımı vermiştir. Toprakların YSİ dağılımında ise IDW-1 en uygun model olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen çalışmada, 200 m mesafelerde oluşturulan grid yöntemi için veri setinin % 70'inin eğitim ve % 30'unun test amaçlı kullanılmasıyla farklı jeostatistiksel enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprak nem sabitelerinin dağılımları yaklaşık % 1-4 arasında ortalama hata ile tahmin edilebilmiştir. Strüktürel yapı ve gözenek boyutlarından oldukça etkilenen TK ve daha çok tekstür ile ilişkili olan SN nem sabitelerinin kısa mesafelerdeki değişim ihtimalleri göz önüne alındığında; örnekleme sayısının artırılması, eğitim ve test veri setlerinin oranlarının değiştirilmesi, daha kısa mesafelerde geniş alanların değerlendirilmesi ile gelecekte benzer özellikte yarı kurak ekolojik özelliklere sahip alanlarda yapılacak çalışmalarda tahmin gücünün artabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Ahmadi, M., Dezfouli, A.B.Z. (2011). A geo-statistical approach to the change procedure study of under-ground water table in a GIS framework, case study: Razan-Ghahavand Plain, Hamedan Province, Iran. *Journal of Academic and Applied Studies*, 2(11): 56–69.
- Akgül, M., Başayığit, L., Uçar, Y. (2002). Atabey Ovası topraklarının genel özellikleri ve sınıflandırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1): 1-13.
- Akgül, M., Başayığit, L., Uçar, Y., Müjdecı, M. (2001). Atabey Ovası Toprakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 15, 71s, Isparta.
- Arslan, H. (2014). Estimation of spatial distribution of groundwater level and risky areas of seawater intrusion on the coastal region in Çarşamba Plain, Turkey, using different interpolation methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8): 5123-5134.
- Arslan, H. (2012). Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*, 113: 57– 63.
- Aşkın, T., Türkmen, F., Tarakçıoğlu, C. (2016). Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Biki Besleme Dergisi*, 4(2): 69-75.
- Aydın, A. Dengiz, O. (2019) Yarı-Humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve sınıflandırması. *Toprak Su Dergisi*, 8(2): 68-80.
- Bayat, B. B., Zahraie, B., Taghavi, F., Nasserı, M. (2013). Evaluation of spatial and spatiotemporal estimation methods in simulation of precipitation variability patterns. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(3–4): 429–444.
- Bouyoucos G.J. (1962): Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.*, 54: 464-465.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. New York: Oxford University Press.
- Burt, R. (Ed.). (2014). Soil survey field and laboratory methods manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, Kellog Soil Survey Laboratory.
- Celilov, C., Dengiz, O. (2019). Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3).
- Cemek, B., Güler, M., Kılıc, K., Demir, Y., Arslan, H. (2007). Assessment of spatial variability in some soil properties as related to soil salinity and alkalinity in Bafra plain in northern Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 124: 223–234.
- Corine (2018). Corine land use land cover map of Turkey. [https://corinecbst.tarimorman.gov.tr/\(12.-1.2020\)](https://corinecbst.tarimorman.gov.tr/(12.-1.2020)).
- Çelik, P., Dengiz, O. (2017). Akselendi Ovası tarım topraklarının temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(1): 9-18.
- Degado, C., Pacheco, J., Cabrera, A., Batllori, E., Orellana, R., Bautista, F. (2010) . Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. *Agricultural Water Management*, 97: 1423–1433.
- Dengiz, O., Saygın, F., İmamoğlu, A. (2019). Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(1): 35-43.
- Devlet Su işleri (DSİ) (2019). Erişim Tarihi:23.11.2019. <http://www.dsi.gov.tr/>.
- Diallo, D., Mariko, A. (2013). Field capacity (FC) and permanent wilty point (PWP) of clay soils developed on quaternary alluvium in Niger River Loop (Mali). *International Journal of Engineering Science*, 3: 1085-1089.
- Doran, J.W., Jones, A.J. (1996) Methods for Assessing Soil Quality, Soil Science Society of America Special Publication 49, SSSA, Madison, WI,
- Falamaki, A. (2011). Artificial neural network application for predicting soil distribution coefficient of nickel. *Journal of Environmental Radioactivity*, 115: 6–12.
- Grewal , K.S., Buchan, G.D., Tonkin, P.J. (1990). Estimation of field capacity and wilting point of some new zealand soils from their saturation percentages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 18(4): 241-246.
- Gujarati, D. (2003). Basic Econometrics. 4th ed. New York: McGraw Hill. pp. 638-640.
- Güçdemir, İ.H. (2006). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 5. baskı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 231, Ankara.
- Gülser, C., Ekberli, İ., Candemir, F., Demir, Z. (2016). Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 192-200.
- Hazelton, P., Murphy, B. (2016). Interpreting soil test results: What do all the numbers mean?. CSIRO publishing.
- Hong, S. Y., Minasny, B., Han, K. H., Kim, Y., Lee, K. (2013). Predicting and mapping soil available water capacity in Korea. *PeerJ*, 1, e71.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2014). Fifth Assessment Report (AR5). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>. (Erişim tarihi:30.01.2020).
- Kacar, B. (2009). Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, 467s, Ankara.
- Karahan, G., Erşahin, S., Öztürk, H.S. (2014). Toprak koşullarına bağlı olarak tarla kapasitesi dinamiği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1): 1-9.
- Keshavarzi, A., Sarmadian, A. (2012). Mapping of spatial distribution of soil salinity and alkalinity in a semi-arid region. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation*, 44(1): 3–14.
- Mbah, C.N. (2012). Determining the field capacity, wilting point and available water capacity of some Southeast Nigerian soils using soil saturation from capillary rise. *Nigerian Journal of Biotechnology*, 24: 41-47.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2018). Erişim tarihi: 20.01.2018. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU>.
- Miháliková, M., Özyazıcı, M.A., Dengiz, O. (2016). Mapping soil water retention on agricultural lands in central and eastern parts of the Black Sea Region in Turkey. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(12): 05016008-1.
- Mihalikova, M., Başkan, O., Dengiz, O. (2015). Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environmental Earth Sciences*, 74: 2425–2437.
- Öztaş, T. (1996). Eğimli bir arazide erozyonla kaybolan toprak derinliğindeki değişimin Kriging analizi ile belirlenmesi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, “Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı”, 13- 15 Mayıs, Mersin, s. 327-335.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., ... Ünal, E. (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1); 136-148.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E. (2015). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı makro ve mikro bitki besin maddesi konsantrasyonları ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2): 187-202.
- Pirmoradian, N., Rezaei, M., Davatgar, N., Tajdari, K., Abolpour, B. (2010). Comparing of interpolation methods in rice cultivation vulnerability mapping due to groundwater quality in Guilan, north of Iran. International Conference on Environmental Engineering and Applications (ICEEA) 147– 150, Singapore.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., Saxton, K.E. (1982). Estimation of soil water properties. *Transactions ASAE*, 25(5): 1316–1328.
- Sağlam, M., Dengiz, O., Selvi, K. Ç., Gürsoy, E. F., Atasoy, Ç. (2014). Farklı toprak işleme yöntemlerinin killi toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerinin jeostatistiksel yöntemle değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 3(1).
- Silva, B. M., Silva, É. A. D., Oliveira, G. C. D., Ferreira, M. M., Serafim, M. E. (2014). Plant-available soil water capacity: estimation methods and implications. *Revista brasileira de ciência do solo*, 38(2): 464-475.
- Soil Survey Staff, (1992). Soil survey manuel. United States Department of Agronomy, Handbook No: 18, Washington, USA.
- Teartisup, P., Kerdsueb, P., Wattaya, P. (2007). Field scale mapping of soil salinity on spatial interpolation techniques, case study: Khorat Basin, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Environmental Informatics Archives*, 5: 524–547.
- Tunçay, T., Başkan, O., Bayramın, İ., Dengiz, O., Kılıç, Ş. (2018). Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64 (9): 1240-1253.
- Tutmez, B., Hatipoğlu, Z. (2010). Comparing two data driven interpolation methods for modeling nitrate distribution in aquifer. *Ecological Informatics*, 5: 311–315.
- U.S, Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Agricultural Handbook 60, U.S.D.A.
- Van Wambeke, A. R. (2000). The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture and temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. USA.
- Wilding, L.P. (1985). Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys, 166-194p. In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). *Soil Spatial Variability*: Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Wilding, L.P., Bouma, J., Goss, D.W. (1994). Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes R.B. Bryant ve Arnold R.W. (Ed.) SSSA Special Publication Number 39, SSSA,Inc. Madison Wisconsin,USA
- Xie, Y., Chen, T., Lei, M., Yang, J. (2011). Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: accuracy and uncertainty analysis. *Chemosphere*: 82, 468–476.
- Yıldız, Y. (2011). *Kazova Topraklarının Mikro Element İçeriklerinin Mesafeye Bağlı Değişiminin Analizi ve Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı Tokat.
- Zhou, Z., Zhang, G., Yan, M., Wang, J. (2012). Spatial variability of the shallow groundwater level and its chemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 18(6): 3697–3710.

Determination of Commercially Available Biogas Production Capacity and Effects on Methane Capture in Tekirdağ Province

Tekirdağ İlinde Ticari Olarak Kullanılabilir Biyogaz Üretim Kapasitesinin ve Metan Tutumuna Etkilerinin Saptanması

Birol KAYIŞOĞLU^{1*}, Simge GÖNCÜ²


Abstract


This research was carried out in farms which have 100 and more cows with commercial biogas production capacity, in 2019 in Tekirdağ. This is because it is stated that if the livestock enterprises have at least 100 animals, biogas production can be realized economically. The distribution and number of farms with this feature in districts were provided from Tekirdağ Food, Agriculture and Livestock Provincial Directorate. Biogas is generally used by converting it to heat and electrical energy. While it is used mostly for heating purposes in small farms, electricity and heat energy are provided in CHP units in large farms. Total methane production potential and energy value were calculated as 22 466 Nm³day⁻¹ and 81 756.4 MWhyear⁻¹, respectively. The highest methane production potential and energy value is in Muratlı district and the least is in Çerkezköy district. It was determined that 42 512.48 MWhyear⁻¹ useful heat energy and in CHP unit 28 614.17 MWhyear⁻¹ electricity energy and 19 784.65 MWhyear⁻¹ additional heat energy could be obtained from methane produced by anaerobic fermentation. It is determined that 19 067.56 tons CO_{2e}year⁻¹ of methane will be released if the manure is stored outdoors. It was determined that methane emission could be reduced by 1 087.13 tons CO_{2e}year⁻¹ if the nitrogen was used in fermentation residues instead of the chemical fertilizer. Total methane retention in the use of methane for heat purposes will be 31 590.55 tons CO_{2e}year⁻¹. Methane emissions will be reduced by 12 522.99 tons CO_{2e}year⁻¹ when used for heat purposes, than the conditions in which the manure is stored outdoors. When methane is used in the CHP unit to provide electricity and heat energy, total methane retention is calculated as 38 467.6 tons CO_{2e}year⁻¹, and the decrease in methane emission is calculated as 19 400 tons CO_{2e}year⁻¹. In animal husbandry enterprises that are located in Tekirdağ and are commercially producing, evaluation of manure without long-term storage by means of anaerobic digestion is important in terms of meeting of the energy requirement and reducing methane emission and the government should encourage enterprises in this regard.

Keywords: Biogas, anaerobic digestion, methane emission, methane capture, emission factor

Özet

Bu araştırma, 2019 yılında Tekirdağ ilinde ticari anlamda biyogaz üretimi kapasitesine sahip 100 ve daha fazla büyükbaş hayvan bulunan işletmelerde yürütülmüştür. Bunun nedeni hayvancılık işletmelerinin en az 100 hayvana sahip olmaları durumunda, biyogaz üretiminin ekonomik olarak gerçekleşebileceğinin belirtilmesidir. Bu

^{1*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Birol KAYIŞOĞLU, Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail: bkayisoglu@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-2885-3174

² Simge GÖNCÜ, Department of Agricultural Faculty Biosystem Engineering, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ/TURKEY. E-Mail: simgeozgur93@gmail.com  ORCID: 0000-0002-8914-8938

Atıf/Citation: Kayisoglu B., Goncu S., Determination of Commercially Available Biogas Production Capacity and Effects on Methane Capture in Tekirdağ Province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (3), 445-455

*Bu çalışma Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2020

özellikteki işletmelerin ilçelere göre dağılımları ve sayıları, Tekirdağ Gıda Tarım ve Hayvancılık il müdürlüğünden sağlanmıştır. Biyogaz genel olarak ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Küçük işletmelerde daha çok ısı amaçlı kullanılırken büyük işletmelerde ise CHP ünitelerinde elektrik ve ısı enerjisi sağlanmaktadır. Toplam metan üretim potansiyeli ve enerji değeri sırasıyla 22 466 Nm³gün⁻¹ ve 81 756.4 MWhyıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. En fazla metan üretim potansiyeli ve enerji değeri Muratlı ilçesinde, en az ise Çerkezköy ilçesindedir. Aneorobik fermentasyon ile üretilen metandan 42 512.48 MWhyıl⁻¹ yararlı ısı enerjisi, CHP ünitesinde 28 614.17 MWhyıl⁻¹ elektrik enerjisi ve 19 784.65 MWhyıl⁻¹ ek ısı enerjisi elde edilebileceği saptanmıştır. Gübrenin açıkta depolanması halinde 19 067.56 ton CO_{2e}yıl⁻¹ metan salınımı olacağı belirlenmiştir. Fermentasyon artıklarında bulunan azotun kimyasal gübre olarak kullanılması durumunda metan emisyonunun 1 087.13 ton CO_{2e}yıl⁻¹ azaltılabileceği tespit edilmiştir. Metanın ısı amaçlı kullanılmasında toplam metan tutumu 31 590.55 ton CO_{2e}yıl⁻¹ olacaktır. Metan emisyonu. ısı amaçlı kullanımda gübrenin açıkta depolandığı koşullara göre 12 522.99 ton CO_{2e}yıl⁻¹ azalacaktır. Metanın CHP ünitesinde elektrik ve ısı enerjisi sağlamak için kullanılması durumunda, toplam metan tutumu 38 467.6 ton CO_{2e}yıl⁻¹, metan salınımindaki azalma 19 400 ton CO_{2e}yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Tekirdağ'da bulunan ve ticari olarak üretim yapan hayvancılık işletmelerinde gübrenin uzun süre depolanmadan, anaerobik sindirim yoluyla değerlendirilmesi, hem enerji gereksiniminin bir kısmının karşılanması, hem de metan emisyonunun azaltılması açısından önemlidir ve devletin bu konuda işletmeleri teşvik etmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, anaerobik sindirim, metan salınım, metan tutumu, emisyon faktörü

1. Introduction

Biomass has an important potential as a renewable energy source. It can be converted into different types of energy by burning directly or by using thermo-chemical and biochemical conversion methods. Biogas is a combustible gas obtained by anaerobic digestion, which is one of the biochemical conversion methods, containing about 60% methane (CH₄) and about 40% CO₂. The specific energy value is between 5-7.5 kWhNm⁻³ depending on the CH₄ ratio in the content of the biogas. The density of the biogas is about 1.22 kgNm⁻³ (Rutz, 2015).

The energy value of biogas produced in the world in 2014 is around 352 780 GWh. The most biogas in the world is produced in China with an energy value of 91 490 kWhyear⁻¹. This country is followed by Germany with 86 460 GWhyear⁻¹, America with 73 830 GWhyear⁻¹ and Russia with 32 240 GWhyear⁻¹ (Anonymous, 2017). The energy value of biogas production in our country was around 2 706 GWhyear⁻¹ in 2014. Considering the production in the world, it is seen that the biogas production in our country is quite low. Only 10% of technical biogas potential of Turkey is evaluated (Anonymous, 2019a).

Especially, the emission of methane, which occurs as a result of animal production, is an important factor in the increase of greenhouse gas. Animal production causes 18% of the greenhouse gas emissions in the world. The production of animal manure and urine, which is the source of this emission, is around 13 billion tons per year in the world (Harkin, 1997). Capture of the methane of manure by biogas production plays an important role in the reduction of methane emissions from agricultural and urban wastes as well as energy recovery.

The simplest method of obtaining heat energy from biogas is to directly burn it in boiler systems. The efficiency of the biogas burning process varies between 75-85%. Boiler systems used to burn natural gas can also be used in biogas combustion by changing fuel-air mixture ratios. However, since biogas has lower energy content, higher flow rate is required. Therefore, the combustion unit also needs to be modified. Since low quality biogas is burned in boiler systems, the operating temperatures should be above the dew point to prevent condensation (Krich et al, 2005).

CHP (Cogeneration-combined Heat and Power) systems are used to obtain electricity and additional heat energy from biogas. While electrical energy is obtained with the generator connected to the gas engines used in these systems, the resulting heat energy is transferred to a fluid or air with the help of heat exchangers in the engine and exhaust outlet. In modern CHP units, heat losses are around 10-15%, electrical energy efficiency is 30-40%, and heat energy efficiency is around 40-50%. The overall efficiency of the CHP system can be 80% and above (Dueblein and Stainhauser, 2011). In addition, Recebli et al (2015) stated that if biogas is used for heat purposes, a gain of \$ 0.35/m³ can be achieved compared to natural gas.

In recent years, it has become common to remove CO₂ from biogas and to obtain biomethane. In this improvement process, the energy value of the product is increased, and its transportation and storage become easier. In addition, it is possible to use it in gas engines or vehicles directly or with natural gas without any additional treatment. Biomethane is also used as a raw material in the chemical industry (Beil and Beyrich, 2013).

Biogas is a renewable energy source and is increasingly important in terms of providing sustainable energy. As a greenhouse gas, methane is 25 times stronger than CO₂. Therefore, in addition to the energy value of the biogas obtained in the biogas production process, methane capture is also important in terms of environmental effects. As a result of long-term storage of manure, 20-45% of the total methane potential is mixed into the atmosphere as a greenhouse gas emission (Dumont et al., 2013). If biomethane is used instead of fuel oil to obtain heat and electrical energy, 0.269 kg CO₂e/kWh and 0.454 kg CO₂e/kWh methane capture are provided, respectively. Also, 6.172 kg CO₂e/kg methane attitude can be achieved if nitrogen in fermentation wastes is used instead of chemical nitrogen fertilizer (DEEC, 2013; Frost and Gilkinson, 2010).

In a study conducted by Yaldız and Sözer (2005), it was understood that 100 animals for cattle, 150000 for chicken, 2000 for sheep and 5000 for turkey were economical size for biogas plants. In this study, it was aimed to determine the commercially biogas production potential from cattle manure in Tekirdağ province and to determine its effects on methane capture if this potential is used as an energy source.

2. Materials and Methods

2.1. Determination of the number of cattle farms in the region

25% of the gross production value of Tekirdağ province is due to animal production. There has been a significant increase in the number of bovine animals in the region in recent years (Anonymous, 2019b). The research was carried out by identifying bovine farms with 100 and more animals in Tekirdağ. 25% of the gross production value of Tekirdağ province is due to animal production.

2.2. Determination of methane production potential and energy value

The coefficients used to determine the methane production potential are given in Table 1. The value of n in Table 1 means the number of animals.

Table 1. Coefficients used in the calculation of methane production potential (Lukahurst ve Bywater, 2015)

	Value	Unit
Production of Liquid cattle manure (PLM)	$55 \frac{\text{kg}}{\text{day-animal}} * n$	kgday^{-1}
Total Solids (TS)	%13.9 PLM	kgday^{-1}
Volatile Solids (VS)	%11.62 PLM or %83 TS	kgday^{-1}
Methane Production (MP)	$0.15 \frac{\text{Nm}^3}{\text{kg-VS}} * \text{VS}$	$\text{Nm}^3\text{day}^{-1}$
Specific Energy of Methane (SEM)	9.97	kWhNm^{-3}
Total Energy Value of Methane (TEV)	$\text{MP} * \text{SEM}$	kWhday^{-1}

2.3. Determination of useful heat energy that can be obtained from methane

It is assumed that 48% of the produced methane is used for heating the reactor, and the remaining 52% is used as useful energy (Lukahurst and Bywater, 2015). Useful potential for heat purposes of the methane was calculated with the help of the following equation:

$$EP_{heat} = 0.52 * TEV \quad (\text{Eq.1})$$

Where; EP_{heat} (kWhday^{-1}) is the useful heat energy potential of the methane.

2.4. Determination of the usage energy potential of the methane in the CHP unit

In use in the CHP unit, 90% of the energy obtained from methane turns into useful energy. It is accepted that 35% of this useful energy turns into electrical energy and 55% of it turns into heat energy (Rutz, 2015). It is assumed that 56% of the heat energy produced in the CHP unit is used for reactor heating (Lukahurst and Bywater, 2015).

The electrical energy potential of the methane is calculated with the formula below:

$$EP_{elk} = 0.35 * TEV \quad (\text{Eq.2})$$

Where; EP_{elk} (kWhday^{-1}) is the electrical energy potential of the methane in CHP unit.

The useful part of the heat energy generated in the CHP unit has been found with the help of the following equation:

$$EP_{CHP,heat} = 0.44 * (0.55 * TEV) \quad (\text{Eq.3})$$

Where; $EP_{CHP,heat}$ (kWhday^{-1}) is the useful heat energy potential of the methane in CHP unit.

2.5. Methane emission and CO₂ equivalent in long term storage of the manure

The methane emission and CO₂ equivalent occurring in long-term storage of the manure are calculated by taking into account the values given in Table 2.

Table 2. Methane release in long-term storage (Lukahurst ve Bywater, 2015)

	Value	Unit
Methane emission in long-term storage (MEL _v)	%13 MP	Nm ³ day ⁻¹
Methane release in long-term storage (MEL _m)	0.715474 kg/Nm ³ * MEL _v	kgday ⁻¹
CO ₂ equivalent of methane emission in long-term storage (MELCO _{2e})	25* MEL _m	kg CO _{2e} day ⁻¹

2.6. Determination of the methane capture if methane is used instead of Fuel Oil

As a result of converting the methane into heat and electrical energy, emission factors of CO₂ equivalent of the methane capture are given in Table 3.

Table 3. Emission reduction factors (DECC, 2013)

Usage	EF	Unit
Heat energy	0.269	kg CO _{2e} kWh ⁻¹
Electrical energy	0.454	kg CO _{2e} kWh ⁻¹

CO₂ equivalent of total methane capture when obtaining heat energy from the methane was found with the following formula:

$$MC_{heat} = EF_{heat} * EP_{heat} \tag{Eq.4.}$$

Where; MC_{heat} (Kg CO_{2e}kWh⁻¹) is the methane capture for using as heat energy, EF_{heat} is the emission factor of methane capture for heat energy.

CO₂ equivalent of total methane capture when usage of the methane in CHP system was found with the following formula:

$$MC_{el} = EF_{el} * EP_{el} \tag{Eq.5.}$$

$$MC_{CHP,heat} = EF_{heat} * EP_{CHP,heat} \tag{Eq.6.}$$

Where; MC_{el} and $MC_{CHP,heat}$ (Kg CO_{2e}day⁻¹) are the methane capture for obtaining electrical energy and heat from the methane.

2.7. Determination of the methane capture if the digested material is used instead of mineral fertilizer

As a result of using digested materials as fertilizer, emission factors of CO₂ equivalent of the methane capture are given in Table 4 (Frost and Gilkinson, 2010).

Table 4. Methane capture in using of digested material as fertilizer

	Value	Unit
The amount of nitrogen in the slurry (ANS)	0.286 $\frac{\text{kg}}{\text{day} - \text{animal}} * n$	kgday ⁻¹
Usable amount of nitrogen (UN)	0.36 ANS	kgday ⁻¹
Amount of nitrogen available as fertilizer in digested material (FAM)	0.20 UN	kgday ⁻¹
CO ₂ equivalent of the methane capture (MC _{fer})	6.172 $\frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{kg}} * \text{FAM}$	kg CO _{2e} day ⁻¹

2.8. Determination of the total methane capture

The total methane capture in using of methane for obtaining heat energy was calculated as below:

$$\sum MC_{heat} = MC_{heat} + MC_{fer} + MELCO_{2e} \quad (\text{Eq.7}).$$

The total methane capture in using of methane in CHP unit was calculated as below:

$$\sum MC_{chp} = MC_{el} + MC_{CHP,heat} + MC_{fer} + MELCO_{2e} \quad (\text{Eq.8}).$$

3. Results and Discussion

3.1. Current status of farms with having 100 or more cattle in Tekirdağ province

The distribution of farms with 100 and more cattle number in Tekirdağ in early 2019 by districts is given in Table 5. There are 77 farms in the city. The highest number of farms is in Malkara district with 19 and the minimum number of farms is in Çerkezköy district with 4. The number of cattle is less than 200 in 55% of the farms (Tan, 2018). The total number of animals in these farmers is 23 435.

Table 5. Distribution of farms and cattle number with more than 100 animals in Tekirdağ by districts

DISTRICTS	Cattle Number				FARM NUMBER	CATTLE NUMBER
	100>= and <200	200>= and <300	300>= and <400	400<=		
Çerkezköy	4	0	0	0	4	631
Çorlu	4	4	0	1	9	1 913
Ergene	5	2	0	0	7	1 104
Hayrabolu	7	1	0	1	9	3 153
Kapaklı	6	0	1	0	7	1 036
Malkara	16	0	2	1	19	3 416
Marmaraeğlisi	3	0	1	1	5	1 214
Muratlı	4	0	0	1	5	7 909
Saray	4	2	0	0	6	1 061
Süleymanpaşa	2	1	2	1	6	1 998
TOTAL	55	10	6	6	77	23 435

3.2. Methane production potential and energy value

Distribution of liquid manure, organic solid and methane production potentials and energy values by districts are given in Table 6. There is a total of 1 288.9 tonsday⁻¹ liquid fertilizer and 149.8 tonsday⁻¹ organic solid matter productions in the city. The methane production potential was found to be 22 466 Nm³day⁻¹. The energy value of the methane in biogas is 223.99 MWhday⁻¹ (Tan,2018). It is observed that there is a potential to provide 81 756.4 MWh of energy in one year from the methane production in Tekirdağ province.

Table 6. Methane production potential and energy value

DISTRICT	PLM (ton _s day ⁻¹)	VS (ton _s day ⁻¹)	MP (Nm ³ day ⁻¹)	TEV (MWhday ⁻¹)	TEV (MWhyear ⁻¹)
Çerkezköy	34.7	4.03	604.9	6.03	2 201.0
Çorlu	105.2	12.23	1 833.9	18.28	6 672.2
Ergene	60.7	7.06	1 058.3	10.55	3 850.8
Hayrabolu	173.4	20.15	3 022.6	30.14	11 001.1
Kapaklı	57.0	6.62	993.2	9.90	3 613.5
Malkara	187.9	21.83	3 274.7	32.65	11 917.3
Marmaraereğlisi	66.8	7.76	1 163.8	11.60	4 234.0
Muratlı	435.0	50.55	7 582.0	75.59	27 590.4
Saray	58.4	6.78	1 017.1	10.14	3 701.1
Süleymanpaşa	109.9	12.77	1 915.4	19.10	6 971.5
TOTAL	1 288.9	149.77	22 466.0	223.99	81 756.4

3.3. Useful energy potential in the use of methane for heat

The distribution of useful energy amounts to be obtained in the case of using methane to be produced with biogas produced in Tekirdağ for heat purposes is given in Table 7. There is a potential for 116.47 MWhday⁻¹ of energy use throughout the province in use for heat purposes. The annual potential is 42 512.48 MWh.

Table 7. Useful heat energy potential of methane

DISTRICTS	EP _{heat} (MWhday ⁻¹)	EP _{heat} (MWhyear ⁻¹)
Çerkezköy	3.14	1 144.67
Çorlu	9.51	3 470.30
Ergene	5.49	2 002.72
Hayrabolu	15.67	5 719.73
Kapaklı	5.15	1 879.37
Malkara	16.98	6 196.83
Marmaraereğlisi	6.03	2 202.27
Muratlı	39.31	14 347.39
Saray	5.27	1 924.72
Süleymanpaşa	9.93	3 624.49
TOTAL	116.47	42 512.48

3.4. Useful energy potential in the use of methane in the CHP unit

In case the methane production potential is used to obtain electrical energy in the CHP unit, there is 28 614.17 MWhyear⁻¹ electrical energy and 19 784.65 MWhyear⁻¹ heat energy potential throughout the province. Total useful energy potential in the CHP unit is 48 398.82 MWhyear⁻¹ (Table 8).

Table 8. Useful energy potential in the CHP unit

DISTRICTS	EP _{el} (MWhday ⁻¹)	EP _{CHP,heat} (MWhday ⁻¹)	Total (MWhday ⁻¹)	Total (MWhday ⁻¹)
Çerkezköy	2.11	1.46	3.57	1 303.16
Çorlu	6.40	4.42	10.82	3 950.80
Ergene	3.69	2.55	6.25	2 280.02
Hayrabolu	10.55	7.29	17.84	6 511.69
Kapaklı	3.47	2.40	5.86	2 139.59
Malkara	11.43	7.90	19.33	7 054.85
Marmaraereğlisi	4.06	2.81	6.87	2 507.20
Muratlı	26.46	18.29	44.75	16 333.96
Saray	3.55	2.45	6.00	2 191.22
Süleymanpaşa	6.68	4.62	11.31	4 126.34
TOTAL	78.39	54.20	132.60	48 398.82

3.5. Methane release and CO₂ equivalents in long-term storage of manure

Methane emission values and their CO₂ equivalents are given in Table 9 if the manure is stored for a long period of time without being evaluated as biogas. 2 089.60 kgday⁻¹ of methane is emitted throughout the city and its CO₂ equivalent is 52.24 tons CO_{2e}day⁻¹. The CO₂ equivalent of the annual methane emission is 19 067.56 tons CO_{2e}.

Table 9. Methane release in long-term storage of manure

DISTRICTS	MEL _m (kgday ⁻¹)	MELCO _{2e} (tonsd _{ay} ⁻¹)	MELCO _{2e} (tonsy _{ear} ⁻¹)
Çerkezköy	56.26	1.41	513.40
Çorlu	170.57	4.26	1 556.49
Ergene	98.44	2.46	898.25
Hayrabolu	281.14	7.03	2 565.39
Kapaklı	92.38	2.31	842.93
Malkara	304.59	7.61	2 779.38
Marmaraereğlisi	108.25	2.71	987.75
Muratlı	705.21	17.63	6 435.05
Saray	94.60	2.37	863.27
Süleymanpaşa	178.15	4.45	1 625.64
TOTAL	2 089.60	52.24	19 067.56

3.6. Methane capture in using of digested materials instead of mineral fertilizer

If digested materials are evaluated as mineral fertilizers, CO₂ equivalents of methane capture are given in Table 10. The amount of nitrogen of the liquid fertilizer (ANS) that emerges in the farms is 6 702.4 kgday⁻¹. The amount of nitrogen (UN) suitable for use by bacteria in liquid fertilizer was calculated as 2 412.9 kgday⁻¹, and the amount of nitrogen that could be used as mineral fertilizer (FAM) was 482.6 kgday⁻¹. If digested materials are evaluated as the mineral fertilizer, 2 978.4 kg CO_{2e}day⁻¹ and 1 087.13 tons CO_{2e}year⁻¹ methane capture will be provided.

Table 10. Methane capture in using of digested materials instead of mineral fertilizer

DISTRICTS	ANS (kgday ⁻¹)	UN (kgday ⁻¹)	FAM (kgday ⁻¹)	MC _{fer} (kg CO _{2e} day ⁻¹)	MC _{fer} (tons CO _{2e} year ⁻¹)
Çerkezköy	180.5	65.0	13.0	80.2	29.27
Çorlu	547.1	197.0	39.4	243.1	88.74
Ergene	315.7	113.7	22.7	140.3	51.21
Hayrabolu	901.8	324.6	64.9	400.7	146.27
Kapaklı	296.3	106.7	21.3	131.7	48.06
Malkara	977.0	351.7	70.3	434.2	158.47
Marmaraereğlisi	347.2	125.0	25.0	154.3	56.32
Muratlı	2 262.0	814.3	162.9	1005.2	366.89
Saray	303.4	109.2	21.8	134.8	49.22
Süleymanpaşa	571.4	205.7	41.1	253.9	92.69
TOTAL	6 702.4	2 412.9	482.6	2 978.4	1 087.13

3.7. Total methane capture in the use of methane for heat

The methane capture that will be provided if the methane in the biogas produced in the farms is used only for the purpose of obtaining heat energy is given in *Table 11*. In the conversion of methane to useful heat energy, a total of 86.55 tons CO_{2e}day⁻¹ and 31 590.55 tons CO_{2e}year⁻¹ of methane capture are provided. In case the manure is not the long-term storage and converted into biogas in order to obtain heat energy by using instead of fuel oil, in addition to preventing the release of methane due to long-term storage, an additional 12 522.99 tons CO_{2e}year⁻¹ of methane capture will be provided.

Table 11. Total methane capture in using of the methane in order to obtain the useful heat energy

DISTRICTS	MC _{heat} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	MC _{fer} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	MELCO _{2e} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	TOTAL (tons CO _{2e} day ⁻¹)	TOTAL (tons CO _{2e} year ⁻¹)
Çerkezköy	0.84	0.08	1.41	2.33	850.59
Çorlu	2.56	0.24	4.26	7.07	2 578.74
Ergene	1.48	0.14	2.46	4.08	1 488.20
Hayrabolu	4.22	0.40	7.03	11.64	4 250.27
Kapaklı	1.39	0.13	2.31	3.83	1 396.54
Malkara	4.57	0.43	7.61	12.62	4 604.79
Marmaraereğlisi	1.62	0.15	2.71	4.48	1 636.48
Muratlı	10.57	1.01	17.63	29.21	10 661.39
Saray	1.42	0.13	2.37	3.92	1 430.24
Süleymanpaşa	2.67	0.25	4.45	7.38	2 693.32
TOTAL	31.33	2.98	52.24	86.55	31 590.55

3.8. Total methane capture when using methane in the CHP unit

In the case of using methane produced in the biogas unit in order to obtain electrical energy and additional heat in the CHP unit, a total of 35.59 tons CO_{2e}day⁻¹ methane capture for electrical energy and 14.58 tons CO_{2e}day⁻¹ methane capture at additional heat recovery can be provided (*Table 12*). Total methane capture in the CHP unit has been calculated as 105.39 tons CO_{2e}day⁻¹ and 38 467.6 tons CO_{2e}year⁻¹. In addition to preventing the release

of methane due to long-term storage, an additional 19 400 tons CO_{2e}year⁻¹ of methane capture will be provided in the CHP unit.

Table 12. Total methane capture in using of the methane in the CHP unit

DISTRICTS	MC _{el} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	MC _{CHP,heat} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	MC _{fer} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	MELCO _{2e} (tons CO _{2e} day ⁻¹)	TOTAL (tons CO _{2e} day ⁻¹)	TOTAL (tons CO _{2e} year ⁻¹)
Çerkezköy	0.96	0.39	0.08	1.41	2.84	1 035.8
Çorlu	2.91	1.19	0.24	4.26	8.60	3 140.1
Ergene	1.68	0.69	0.14	2.46	4.96	1 812.2
Hayrabolu	4.79	1.96	0.40	7.03	14.18	5 175.5
Kapaklı	1.57	0.64	0.13	2.31	4.66	1 700.6
Malkara	5.19	2.13	0.43	7.61	15.36	5 607.2
Marmaraeğlisi	1.84	0.76	0.15	2.71	5.46	1 992.7
Muratlı	12.01	4.92	1.01	17.63	35.57	12 982.3
Saray	1.61	0.66	0.13	2.37	4.77	1 741.6
Süleymanpaşa	3.03	1.24	0.25	4.45	8.99	3 279.6
TOTAL	35.59	14.58	2.98	52.24	105.39	38 467.6

4. Conclusions

This research has been carried out by considering 100 or more cattle capacity farms with commercial biogas production potential in Tekirdağ province. It is possible to summarize the results obtained in the research as follows;

- There are 77 farms with more than 100 cattle capacity in Tekirdağ province. There are 23 435 cattle in these farms. The number of animals in approximately 71% of these farms is below 200.
- In these farms, a total of 470 457.6 tonsyear⁻¹ liquid manure and 54 667.2 tonsyear⁻¹ organic solid materials are produced. Methane production capacity of these manure has been calculated as 22 466 Nm³day⁻¹. Energy value of this methane is 223.99 MWhday⁻¹ and 81 756.4 MWhyear⁻¹.
- If methane is used for heat purposes, 42 512.48 MWhyear⁻¹ of useful heat energy will be provided. When using methane in the CHP unit, 28 614.2 MWh_eyear⁻¹ of electrical energy and 19 784.7 MWhyear⁻¹ of additional heat will be provided.
- Instead of long-term storage of manure, 12 525.6 tons CO_{2e}year⁻¹ less methane emission will be achieved in the use of methane production for heat purposes and 19 400 tons CO_{2e}year⁻¹ when used in the CHP unit.

As seen in this research, it is determined that if biogas is obtained from the cattle manure that occurs in the farms in Tekirdağ province, there will be a significant amount of energy gain and the methane emission will decrease significantly. Many countries, especially Germany, are supporting farmers to turn to biogas production regardless of farm size, taking into account the important contributions of anaerobic fermentation to the methane attitude rather than obtaining energy from biogas. In our country, only 10% of the technical biogas potential is used (Yaldız and Sezer, 2005; Tan, 2018). In our country, which is in an energy bottleneck, in order to spread biogas, which is a renewable energy source, the government must provide the support to enable enterprises to turn to biogas production without considering economic concerns. Considering the environmental contributions of biogas production, the importance of these supports increases.

References

- Anonymous (2017). State of biogas in the world. Clean Energy Solution Center, USA.
- Anonymous (2019a). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <https://www.enerji.gov.tr> (erişim tarihi, 13.11.2019).
- Anonymous (2019b). Tekirdağ Hakkında Bilgiler. <https://tekirdag.csb.gov.tr/ilimiz-hakkinda-i-905> (erişim 18.11.2019).
- Beil, M., Beyrich, W. (2013). Biogas upgrading to biomethane, The Biogas Handbook Science, Production and Applications, Ed: Wellinger A, Murphy J, Baxter D, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 52, 367-377.
- DECC (2013). Renewable Heat Incentive (RHI) - Increasing the use of low-carbon technologies. Available at: <https://www.gov.uk/government/policies/increasing-the-use-of-low-carbon-technologies/supporting-pages/renewable-heat-incentive-rhi>.
- Dueblein, D., Steinhauser, A. (2011). Biogas from Waste and Renewable Resources, Second, Revised and Expanded Edition. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 550 p, Weinheim, Germany.
- Dumont, M., Luning, L., Yıldız, I., Koop, K. (2013). Methane Emissions in Biogas Production, The Biogas Handbook Science, Production and Applications, Ed: Wellinger A, Murphy J, Baxter D, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 52, 248-266.
- Frost, P., Gilkinson, S. (2010). First Year Performance Summary for Anaerobic Digestion of Dairy Cow Slurry at AFBI Hillsborough. Available at: <http://www.afbini.gov.uk/index/services/service-specialist-advice/renewable-energy-2012/re-anaerobic-digestion.htm>
- Harkin, T. (1997). An Overview of Animal Waste Pollution in America: Environmental Risks of Livestock and Poultry Production. U.S. Senate Committee on Agriculture, Nutrition, and Forestry, Washington, DC, USA.
- Krich, K., Augenstein, D., Batmale, J.P., Benemann, J., Rutledge, B., Salour, D. (2005). Biomethane from Dairy Waste: A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California. Available from: <http://www.biogas.psu.edu/pdfs/BiomethanefromDairySourcebook.pdf> (erişim tarihi: 12.11.2019).
- Lukahurst, C., Bywater, A. (2015). Exploring the Viability of Small Scale Anaerobic Digesters in Livestock Farming. Technical Brochure, IEA Bioenergy (eBook electronic edition), England.
- Recebli, Z., Selimli, S., Özkaymak, M., Gonc, O. (2015). Biogas Production from Animal Manure. *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(6): 722-729
- Tan, F. (2018). Determination of The Biogas Potential From Animal Waste; Tekirdağ City Example. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(1):92-96.
- Yaldız, O., Sezer, S. (2005). Farklı büyüklükteki biyogaz tesislerinde sabit yatırım ve enerji üretimi maliyet hesabı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3):213-220