

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2019 - Sayı - 1
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir.
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından
yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by
Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2019, Cilt/Volume: 1, Sayı/Issue: 1

Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr Yusuf UÇAR

Editörler / Editors

Prof. Dr. Deniz YILMAZ
Prof. Dr. Okan BİNGÖL
Prof. Dr. Levent İZCİ
Doç. Dr. Nalan YİĞİT
Doç. Dr. Zeynep EKMEKÇİ
Doç. Dr. Ayhan AKYOL
Dr. Öğr. Üyesi Şengül AKSAN
Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK

Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR
Prof. Dr. Öznur DİLER
Prof. Dr. Cengiz ÖZEL
Prof. Dr. Hasan BAYDAR

Teknik iletişim/Technical Communication

Araş. Gör. Emre TOPÇU
E-Posta: emretopcu@isparta.edu.tr
Tel: 0246 214 62 54

Yayıncı kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Doğu Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası,
Zemin Kat, 32260 Çünür/Isparta
Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjes>
Tel: 0246 214 65 74

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma / Research	Sayfa / Page
Yağ Güllü (<i>Rosa damascena</i> Mill.)'nün Damıtma Atığı Olan Posanın Element İçeriği ve Değerlendirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma <i>A Research on the Element Concentration and Evaluation Possibilities of Distillation Residue in Oil-bearing Rose (Rosa damascena Mill.)</i> Hasan Baydar, Sabri Erbaş, Arif Şanlı, Nimet Kara.....	1-4
Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi ile Isparta İli Kuraklık Analizi <i>Drought Analysis of Isparta Province with Standardized Precipitation Index Method</i> Yusuf Uçar, Emre Topçu, Esengül Demirel.....	5-16
Farklı Anaçlar Üzerine Aşılamanın Hıyarlarda Bitki Büyümesi, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri <i>The Effects of Grafting on Different Rootstock On Plant Growth, Yield and Quality</i> Hanife Sultan Üre, Hakan Aktaş.....	17-22
Vermikompostun Domateste Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri <i>The Effects of Vermicompost on Yield and Quality Parameters in Tomato</i> Şefika Teke, Ali Çoşkan, Hakan Aktaş.....	23-27
Derleme / Review Article	
Pedotransfer Fonksiyonların (PTFs) Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri için Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Pedotransfer Functions (PTFs) for Some Soil Physical Properties</i> Pelin Alaboz, Ahmet Ali İşıldar.....	28-34



Yağ Güllü (*Rosa damascena* Mill.)'nün Damıtma Atığı Olan Posanın Element İçeriği ve Değerlendirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma

Hasan BAYDAR^{1*}, Sabri ERBAŞ¹, Arif ŞANLI¹, Nimet KARA¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler, Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu Yazar: hasanbaydar@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 11.11.2019

Kabul tarihi: 18.12.2019

Anahtar Kelimeler: Yağ güllü, *Rosa damascena* Mill., Damıtma, Gül posası, Elementler, ICP

ÖZET

Yağ güllü (*Rosa damascena* Mill.) çiçekleri kendine özgü floral kokusu ile parfüm, kozmetik, ilaç ve gıda endüstrileri için en değerli aromatik kaynaktır. Taze gül yağı çiçeklerinden su distilasyonu ile gül yağı ve gül suyu gibi, solvent ekstraksiyonu ile konkret ve absölüt gibi çok kıymetli ve pahalı aromatik ekstraktlar elde edilmektedir. Damıtma sırasında taze gül çiçeği miktarının yaklaşık 3 katı kadar su kullanılmakta ve damıtma sonunda su muhtevası yüksek olan (>%90) gül posası ortaya çıkmaktadır. Ancak atık ürün olarak elde edilen gül posası ekonomik olarak değerlendirilmediği gibi çoğu zaman çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Bu çalışmada gül posasının organik gübre veya kompost olarak değerlendirilebilme potansiyelini ortaya koymak için kuru gül posasının element içerikleri tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda kuru gül posasında bulunan 16 farklı element arasında makro besin elementlerinden azot (%3.497), kalsiyum (%1.544), potasyum (%0.335), magnezyum (%0.258) ve fosfor (%0.251), mikro besin elementlerinden ise sodyum (%0.191), silisyum (%0.157), demir (0.466 mg/g), mangan (0.130 mg/g), çinko (0.045 mg/g), bakır (0.039 mg/g) ve bor (0.038 mg/g) tespit edilmiştir. Gül posasında bitki besin elementleri arasında yer almayan alüminyum (0.306 mg/g), kalay (0.109 mg/g), nikel (0.003 mg/g) ve kurşun (0.001 mg/g) gibi ağır metallerin de bulunduğu, ancak bu ağır metaller için tespit edilen miktarların üst sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

A Research on the Element Concentration and Evaluation Possibilities of Distillation Residue in Oil-bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.)

ARTICLE INFO

Received: 11.11.2019

Accepted: 18.12.2019

Keywords: Oil-bearing rose, *Rosa damascena* Mill., Distillation, Rose Residue, Elements, ICP

ABSTRACT

The flowers of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) with characteristic floral scents are the most important source for perfume, cosmetic, pharmaceutical and food industries. Rose aromatic extracts such as rose oil and rose water obtained by hydro-distillation, rose concrete and rose absolute obtained by solvent extraction of fresh rose flowers are highly valuable and expensive base materials for these industries. During the hydro-distillation of fresh rose flowers is processed, about 3 times more water of the fresh flower mass is used. At the end of the distillation, the residue containing over 90% water was produced as waste products. The residue is not economically assessed, but it also causes environmental pollution. In this study, the element contents of dried rose residue were determined to reveal the potential of evaluating rose residues as organic fertilizer or compost. As a result of the research, 16 different elements were detected in dried rose residue: nitrogen (3.497%), calcium (1.544%), potassium (0.335%), magnesium (0.258%) and phosphorus (0.251%) were among the macro nutrient elements, and sodium (%0.191), silisium (%0.157), iron (0.466 mg/g), manganese (0.130 mg/g), zinc (0.045 mg/g), copper (0.039 mg/g) and boron (0.038 mg/g), were among the micro nutrient elements. It was found that heavy metals which are not among the plant nutrients such as aluminum (0.306 mg/g), tin (0.109 mg/g), nickel (0.003 mg/g) and lead (0.001 mg/g) in the rose residue. However, the amounts determined for these heavy metals were found to be below the upper limit values.

1. Giriş

Yağ güllü (*Rosa damascena* Mill.), kendine özgü floral kokusu ile parfüm ve kozmetik endüstrisi için en değerli kokulu gül türüdür (Lawrance,1991). Yağ güllünün dünyada Türkiye, Bulgaristan, İran, Hindistan ve Fas başta olmak üzere birçok ülkede kültürü yapılmaktadır. Türkiye’de Göller yöresi olarak adlandırılan Isparta, Burdur, Afyonkarahisar ve Denizli illeri yağ güllü tarımının ve endüstrisinin en fazla gelişme gösterdiği bölgedir. Yağ (taze) gül çiçeklerinden suyla damıtma yapılarak “gül

yağı” ve yan ürün olarak “gül suyu” elde edilmektedir. Taze toplanmış ve bir süre gölgede bekletilerek dinlendirilmiş gül çiçeklerinin n-hekzan ekstraksiyonu ile “konkret”, konkretin de etil alkol ile tüketilmesiyle “absölüt” elde edilmektedir. Normal koşullarda, 3 ton taze gül çiçeğinin damıtılmasıyla 1 kg gül yağı (ortalama uçucu yağ verimi %0.03), 300 kg taze gül çiçeğinin n-hekzan ekstraksiyonu ile 1 kg konkret (ortalama konkret verimi %0.30) ve 1 kg konkretten de etil alkol ekstraksiyonu ile 0.5-0.6 kg absölüt (ortalama absölüt verimi % 55) elde edilmektedir (Baydar, 2019).

Göller yöresinde Mayıs ayının ilk haftasında başlayan ve Temmuz ayının ilk haftasına kadar devam eden yaklaşık iki aylık çiçeklenme sezonu süresince sabah erken saatlerde taze olarak toplanan yağ gülü çiçekleri aynı gün buharlı damıtma kazanlarında su distilasyonu yöntemiyle damıtılmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2016). Üç ton hacimli damıtma kazanına 500 kg taze çiçek 1.5 ton su konur ve sıcak su buharı ile 1.5 saat kadar kaynatma yapılır. Kaynatma esnasında yağ gülü çiçeklerinden ayrılan uçucu yağlar kondensere doğru sürüklenerek orada yoğunlaştırılır. Florentin tankının cam fanusunda toplanan gül yağı "birinci yağ" veya "çiçek yağı" adıyla elde edilir. Florentin tankında birinci yağın altında kalan yağ altı suyu kohobasyon (veronika) kazanında yeniden damıtılarak "ikinci yağ", "su yağı" veya "veronik yağı" olarak elde edilir. Elde edilen birinci ve ikinci distilasyon yağları harmanlanarak "ticari gül yağı" üretilir (Başer vd., 1990). Damıtma prosesi sonrası damıtma kazanında kalan atıksu ve posa birlikte boşaltılarak beton havuzlarda biriktirilir ve çoğu zaman da oradan çevreye salınır.

Göller yöresinde 2018 yılında yaklaşık 34.205 da alanda 14.773 ton gül çiçeği üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2019). Üretilen yağ gülü çiçeklerinin yaklaşık %90'ı gül yağı, gül suyu, konkret ve absolüt üretmek için distilasyon veya ekstraksiyon işlemlerine tabi tutulmaktadır. 2018 yılında yaklaşık 1.5 ton gül yağı, 15 ton gül konkreti ve 2 ton gül absolütü üretildiği tahmin edilmektedir. Gül çiçeğinin damıtılması esnasında gül çiçeği miktarının yaklaşık 3 katı kadar su kullanılmakta ve damıtma sonunda su muhtevası yüksek olan gül posası oluşmaktadır. Daha önce yapılan bir araştırmada yaş gül çiçeği miktarının yaklaşık iki katı kadar posa, iki katı kadar da atıksu üretilmektedir (Tosun vd., 2002). Damıtma prosesi sonrası açığa çıkan posa miktarı, yaş ağırlık bazında gül çiçeği miktarının yaklaşık olarak iki katı olduğuna göre yılda yaklaşık 30 bin ton kadar posa deşarj edilmektedir. Ancak damıtma atık ürünü olarak elde edilen tonlarca gül posası ekonomik olarak değerlendirilmediği gibi çoğu zaman çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Bu araştırmada gül posasının organik gübre veya kompost olarak değerlendirilebilme potansiyelini ortaya koymak için kuru gül posasının element içerikleri tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan gül çiçeği posası 2016 yılının Haziran ayında Gülbirlik Yakören Gülyağı Fabrikası'ndan (Isparta) temin edilmiştir. Ağırlığı belli yaş posa suyu iyice sıkıldıktan sonra kurutma fırınında 70 °C'de sabit sıcaklığa gelene kadar kurutulmuştur (AOAC, 1999). Numune hazırlık işlemi EPA 3015 metoduna göre Milestone marka ETHOS ONE model mikrodalga numune hazırlık ünitesi kullanılarak 1 g numuneye 5 mL HNO₃ + 1 mL H₂O₂ ilave edilerek yaş yakma yöntemi ile yapılmıştır. Son hacim 25 mL'ye tamamlanmıştır. ICP OES ölçümleri EPA 6010 metoduna uygun olarak Perkin Elmer OPTIMA 5300 DV cihazı kullanılarak 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır: Plasma gaz akışı 15 L/dak., yardımcı gaz akışı 0.2 L/dak., nebulizer gaz akışı: 0.6 L/dak., güç: 1450 watt, torch kaset konumu: -3, pompa hızı: 1.5 ml/dak., entegrasyon süresi:

10 saniye (min)/20 saniye (max). Kuru ağırlıkları belirlenen gül posası örnekleri mikro değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Toplam azot miktarı makro Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar, 1984).

3. Bulgular ve Tartışma

Kurutulmuş yağ gülü posasında tespit edilen elementler ve miktarları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Araştırma sonucunda kuru gül posasında 16 farklı element tespit edilmiş; makro besin elementlerinden azot (%3.497), kalsiyum (%1.544), potasyum (%0.335), magnezyum (%0.258) ve fosfor (%0.251), mikro besin elementlerinden ise sodyum (%0.191), silisyum (%0.157), demir (0.466 mg/g), alüminyum (0.306 mg/g), mangan (0.130 mg/g), kalay (0.109 mg/g), çinko (0.045 mg/g), bakır (0.039 mg/g), bor (0.038 mg/g), nikel (0.003 mg/g) ve kurşun (0.001 mg/g) olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Araştırmamızda suya doymuş yaş gül posasının su muhtevasının ortalama %91.7 olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Tosun vd. (2002) tarafından yapılan bir araştırmada gül posasının su muhtevasının %90.5 olduğu belirlenmiştir. Aynı araştırmacılar, gül posasının organik madde muhtevasının %91.3 civarında olduğunu, boyutları incelendiğinde yaklaşık %47'si 14-28 mm arasında, %35'i 4.75-14 mm arasında ve %18'i de 4.75 mm'nin altında olduğunu, boyut azaltması veya düzeltilmesi yapmaya gerek olmadan, yüksek organik madde içeren posanın kompostlaştırma ile değerlendirilebileceği ifade etmişlerdir. Yaş gül posası kurutma fırınında sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduğunda %8.3 oranında kuru posa elde edilmiştir. Yaş gül posası su dışında ayrıca selüloz, hemiselüloz, lignin, ekstraktifler ve inorganik maddeler (kül) içermektedir. Araştırmamızda kuru gül posasının azot (%3.497), kalsiyum (%1.544), potasyum (%0.335), magnezyum (%0.258) ve fosfor (%0.251) gibi temel bitki besin elementlerince zengin olması (Çizelge 1) gül posasının hem organik madde hem de besin elementlerince zengin organik gübre olarak değerini artırmaktadır. Makro besin elementleri, mikro elementlere göre bitkiler tarafından topraktan daha çok alınan elementlerdir. Bu nedenle mikro besin elementlerine iz elementleri de denilmektedir. Kuru gül posasında tespit edilen Fe, Mn, Zn ve Cu gibi elementler her ne kadar ağır metaller sınıfında yer alsalar da aynı zamanda bitkiler için gerekli olan mikro (iz) besin elementleridir (Kacar ve Katkat, 2010). Oysa alüminyum (Al) nikel (Ni), kurşun (Pb), arsenik (As), kalay (Sn), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) bitkiler için gerekli olmadığı gibi toprak kirliliğine ve toksisiteye neden olabilen ağır metallerdir (Çepel, 1997; Fageria, 2009; Okcu, 2009). Gül posasında Al (0.306 mg/g), Sn (0.109 mg/g), Ni (0.003 mg/g) ve Pb (0.001 mg/g) gibi bitki besin elementleri arasında yer almayan ağır metallerin de bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1). 23 Şubat 2018 tarih ve 30341 sayılı "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" kapsamında ağır metal üst sınır değerleri Sn için 10 ppm (0.01 mg/g), Ni için 120 ppm (0.12 mg/g) ve Pb için 150 ppm (0.15 mg/g) olarak açıklanmıştır.

Çizelge 1. Kurutulmuş yağ gülü posasında tespit edilen elementler ve miktarları
Table 1. Elements and their quantities in the dried residue of oil-bearing rose

Element	Kısaltma (Abbreviation)	Miktar (Quantity)	Standart Sapma (Standard deviation)
Azot	N	%3.497	0.104
Kalsiyum	Ca	%1.544	0.093
Potasyum	K	%0.335	0.015
Magnezyum	Mg	%0.258	0.043
Fosfor	P	%0.251	0.071
Sodyum	Na	%0.191	0.010
Silisyum	Si	%0.157	0.034
Demir	Fe	0.466 mg/g	0.006
Alüminyum	Al	0.306 mg/g	0.005
Mangan	Mn	0.130 mg/g	0.001
Kalay	Sn	0.109 mg/g	0.001
Çinko	Zn	0.045 mg/g	0.001
Bakır	Cu	0.039 mg/g	0.001
Bor	B	0.038 mg/g	0.001
Nikel	Ni	0.003 mg/g	0.000
Kurşun	Pb	0.001 mg/g	0.000

Bu üst sınır değerleri dikkate alındığında sadece Sn, Ni ve Pb elementleri için değil yönetmelikte adı geçen diğer ağır metallere (Cd, Cu, Zn, Hg ve Cr gibi) için de kuru gül posasında tespit edilen ağır metal miktarları sınır değerlerinin altında kalmaktadır (Çizelge 1). Bu yönüyle gül posası organik gübre olarak kullanıldığında insan ve çevre sağlığı için bilinen bir risk faktörü taşımamaktadır.

Bitki besin maddeleri, bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi için olması gereken, diğer elementler tarafından yeri doldurulamayan ve doğrudan bitki metabolizması için gerekli olan elementlerdir. Bitkiler en azından 90 farklı elementi havadan, sudan ve topraktan absorbe etmektedir. Kacar ve Katkat (2010), bütün bitkilerde büyüme ve gelişme için organik maddede bulunan üçü temel (C, H ve O), altısı makro (N, P, S, K, Ca ve Mg) ve yedisi mikro (B, Cl, Mo, Cu, Fe, Mn, Zn) olmak üzere on altı besin elementi bulunduğunu, bunlar dışında ayrıca bazı bitkiler için mutlak gerekli iken, bazı bitkiler için gerekli olmayan altı kadar (Al, Co, Na, Ni, Si ve V) daha mikro besin elementi olduğunu bildirmişlerdir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde Çizelge 1'de verilen kuru gül posasındaki elementlerin tamamının bitki beslenmesi için gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Oysa daha önce tartışıldığı üzere mikro besin elementlerinden bazıları ağır metal olarak kabul edilmekte ve bitki besin elementi olarak değer görmemektedir. Bununla birlikte, örneğin Ni elementinin baklagil türü bitkilerde azot metabolizması ve fiksasyonu için faydalı ve önemli bir element olduğu bildirilmiştir (Gerendas vd., 1999). Yine, asit topraklara adapte olmuş çay gibi bitki türlerinin büyümesi üzerine Al elementinin yararlı etkisi olduğu rapor edilmiştir (Hajiboland vd., 2013). Bu değerlendirmeler ışığında, Al ve Ni elementleri bakımından zengin olan gül posasının baklagil ve çay gibi bu elementlere ihtiyaç duyan bitki türlerinde verimlilik ve kaliteyi artırmada organik gübre olarak değerlendirilebileceği ifade edilebilir.

Yalçın vd. (1992), Isparta yöresinde yağ gülü yetiştiriciliği yapılan toprakların çoğunlukla kumlu-tınlı veya tınlı

tekstürlü, alkali (pH'sı 6.1-8.5) tepkimeli ve tuzsuz (0.08-0.42 mmhos/cm) olduğunu, Küçükçumuk ve Erdal (2008) ise Isparta yöresindeki yağ gülü bahçelerinin tamamında organik madde (%1.3-1.8), N (%0.04-0.22), Mg (136-146 ppm) ve Mn (1-3 ppm) eksikliği olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırma sonuçlarına dayanılarak yağ gülü topraklarının en önemli yetiştiricilik sorununun organik madde, azot, magnezyum ve mangan bakımından fakir olmasıdır. Gül posasının hem organik madde (%90) hem de N (%3.497), Mg (%0.258) ve Mn (0.130 mg/g) bakımından zengin olması yağ gülü toprakları için çok uygun bir organik gübre kaynağı olabileceğini göstermektedir. Erdal ve Aydemir (2003) artan dozlarda uygulanan gül posasının toprağın P içeriğinde ve buğday tarafından kaldırılan P miktarında önemli artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir.

Göller yöresinde yağ gülü yetiştirilen toprakların organik maddesi olması gerekenden çok daha düşük olmasına rağmen organik gübre kullanımı yaygın değildir. Oysa yağ gülü üreticileri hayvan (ahır, çiftlik) gübresi kullanıldığında yağ gülü veriminin önemli miktarlarda artış gösterdiğini ifade etmektedirler. Ahır gübrelere genel olarak %0.5-1 oranında azot (N), %0.1-0.2 oranında fosfor (P₂O₅) ve %0.5-0.6 oranında potas (K₂O) içermektedir (Soyergin, 2003). Bu yönüyle gül posası ahır gübresi ile karşılaştırıldığında azot ve kısmen fosfor bakımından daha zengin, potas bakımından biraz fakirdir. Ancak gül posasının ham olarak tarım topraklarına katılması bazı kültür bitkilerinin tohumlarında çimlenme ve çıkış sorunları yaratabileceği, bu nedenle kompostlaştırılarak uygulamasının daha faydalı olacağı düşünülmektedir (Erdal ve Aydemir, 2003). Gül posasının kompostlaştırılmasında, en yüksek ayrışmanın olduğu en ideal C/N oranının ise 0.0319 gün⁻¹ değeri ile 1/30 olduğu tespit edilmiştir (Onursal, 2006).

Kompostlaştırılmış organik gübreler besin elementlerince daha da zenginleştiği gibi yararlılığı da artmaktadır. Aktan ve Sağdıç (2004), gül posasının broiler (etlik piliç)

üretiminde alternatif bir altlık materyali olarak kullanılmasıyla, altlıkta yer alan hastalık yapıcı mikroorganizmaların miktarını düşürdüğünü, etrafa yayılan gül kokusu ile de işgücü açısından daha az rahatsız edici bir ortamın oluşmasına yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Tosun vd. (2003) kuru gül posasından aneorobik koşullarda elde edilen biyogazın ortalama %72'sinin metan gazı olduğunu ve 1 ton kuru gül posasından 330 m³ metan gazı üretilebileceğini açıklamışlardır. Ayrıca gül posasından ve posa suyundan antioksidan ve antibiyotik olarak faydalanılabileceği (Özkan vd., 2004; Göktürk Baydar ve Baydar, 2013; Baydar ve Göktürk Baydar, 2017), gül posasının doğal boya kaynağı olarak değerlendirilebileceği (Oktav Bulut vd., 2013) tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Gül yağı fabrikalarında her yıl 20 bin tonun üzerinde gül posası üretilmekle birlikte, bundan ekonomik olarak faydalanılmamaktadır. Üstelik 20'den fazla gül yağı fabrikasının atık ürünü olan gül posası ve atık suyu önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yağ gülünün damıtma atığı olan posanın element içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmada, organik madde ve besin elementleri bakımından fakir olan başta yağ gülü olmak üzere diğer tarım ürünleri yetiştiriciliği yapılan topraklar için yaklaşık %3.5 oranında azot, %0.3 oranlarında fosfor, potasyum ve magnezyum ile 0.5 mg/g demir, 0.13 mg/g mangan ve 0.05 mg/g çinko içeren, %90'dan fazlası organik madde olan gül posasının oldukça kaliteli ve ekonomik bir organik gübre kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca gül posasında bulunan Sn, Ni ve Pb gibi ağır metallerin miktarlarının kabul edilebilir üst sınır değerlerinin altında kaldığı, organik gübre olarak kullanıldığında insan ve çevre sağlığı için bir risk taşımadığı anlaşılmıştır.

5. Kaynaklar

Aktan, S. and Sağdıç, O. (2004). Dried rose (*Rosa damascena* Mill.) dreg: An alternative litter material in broiler production, *South African Journal of Animal Science*, 34(2), 75-79.

AOAC, (1999). Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed., 5th rev. Method 930, 15, The Association, Gaithersburg.

Başer, K.H., Kürkçüoğlu, M. ve Konur, O.Z. (1990). Türk gül yağının üretimi ve özellikleri. *Anadolu Üniversitesi TBAM Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bülteni* (Gül Özel Sayısı), 4, 13-15.

Baydar, H. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (7. Baskı). Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 2328, Ankara.

Baydar, H. ve Göktürk Baydar, N. (2017). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde distilasyon ürünlerinin uçucu yağ ve fenolik madde içerikleri ile antiradikal ve antioksidan aktiviteleri. *Journal of Agricultural Science*, 23, 1-9.

Çepel, N. (1997). Toprak kirliliği erozyon ve çevreye verdiği zararlar. *TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları* No:14, İstanbul.

Erdal, İ. ve Aydemir, O. (2003). Gül posasının doğrudan ve zenginleştirilmiş formunun tarımda kullanılabilme olanakları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 20-26.

Fageria, N.K. (2009). The use of nutrients in crop plants. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.

Gerendas, J., Polacco, J.C., Freyermuth, S.K. and Sattelmacher, B. (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162(3), 241-256.

Göktürk Baydar, N. and Baydar, H. (2013). Phenolic compounds, antiradical activity and antioxidant capacity of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 41,375-380.

Hajiboland, R., Bahrami Rad, S., Barceló, J. and Poschenrieder, C. (2013). Mechanisms of aluminum induced growth stimulation in tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(4), 616-625.

Kacar, B. (1984). Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 899, Ders Kitabı: 250, Ankara.

Kacar, B. ve Katkat, V. (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Küçükçumuk, Z. ve Erdal, E. (2008). *Isparta Yöresi Gül Bahçelerinin Verimlilik Durumlarının Değerlendirilmesi*. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 8-10 Ekim 2008, Konya, s: 554-562.

Lawrence, B.M. (1991). Progress in essential oils: Rose oil and extracts, *Perfumer & Flavorist*, 16, 43-77.

Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. ve Pehlivan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri* 17, 14-26.

Oktav Bulut, M., Baydar, H. and Akar, E. (2013). Ecofriendly natural dyeing of woollen yarn using mordants with enzymatic pretreatments. *Journal of The Textile Institute*, 105 (5), 559-568.

Onursal, E. (2006). *Gül İşleme Atıklarının Kompostlaştırılmasında Optimum C/N Oranlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Bölümü Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Özkan, G., Sağdıç, O., Baydar, N.G. ve Baydar, H. (2004). Antioxidant and antibacterial activities of *Rosa damascena* flower extracts. *Food Science and Technology*, 10(4), 277-281.

Soyergin, S. (2003). Organik tarımda toprak verimliliğinin korunması, gübreler ve organik toprak iyileştiricileri. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova.

Tosun, İ., Gönüllü, M.T. ve Arslankaya, E. (2002). *Gülyağı Sanayi Proses Atıkları Özelliklerinin Belirlenmesi*. I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi, 16-18 Ekim 2002, Erzurum. s: 864-873.

Tosun, İ., Günay, A. ve Gönüllü, M.T. (2003). Gül posasından biyogaz üretimi ve çevresel önemi. *Katı Atık ve Çevre*, 52, 1-18.

TÜİK (2019). *Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

Yalçın, R., Usta, S., Yüksel, M. ve Topçuoğlu, B. (1992). *Gül Tarımı Yapılan Isparta Yöresi Topraklarının Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. TUBİTAK TOVAG, GÜLAR 2 Nolu Proje, Ankara.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjes

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi ile Isparta İli Kuraklık Analizi

Yusuf UÇAR¹, Emre TOPÇU^{1*}, Esengül DEMİREL¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu Yazar: emretopcu@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 18.12.2019

Kabul tarihi: 30.12.2019

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Kuraklık analizi, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, Isparta

ÖZET

Kuraklığı belli bir zaman aralığında meydana gelen yağış eksikliği olarak tanımlamak mümkündür. Ülkemizde ve dünyada sık görülen doğal afetlerden bir tanesidir. Kuraklığın tahmin edilmesi sayesinde tarımsal, çevresel ve ekonomik açıdan oluşturacağı olumsuzluklar azaltılabilir. Bu yüzden araştırmacılar kuraklığı tahmin etmek için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bunlardan en yaygın kullanılanı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)'dir. Bu çalışmada, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Isparta'da 6 istasyona ait yağış verileri yardımıyla SYİ metodu kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Standart Yağış İndeksi değerleri 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır. Değerlendirme yapılan 32 yıllık periyot göz önüne alındığında incelenen istasyonların yağış değerlerinde bir azalma eğilimi olmadığı tespit edilmiştir. .

Drought Analysis of Isparta Province with Standardized Precipitation Index Method

ARTICLE INFO

Received: 18.12.2019

Accepted: 30.12.2019

Keywords: Drought, Drought analysis, Standard Precipitation index, Isparta

ABSTRACT

Drought can be defined as a lack of precipitation that occurs over a period of time. It is a common natural disaster in our country and in the world. Prediction of drought can reduce some of the negative consequences of agricultural, environmental and economic aspects. Therefore, researchers have developed several methods to predict drought. The most commonly used of these is the Standardized Precipitation Index (SPI). In this study, drought analysis of six meteorological stations in Isparta located in southwest Turkey was made by using SYI method. Standard Precipitation Index values were calculated for 1, 3, 6, 9, 12, 24 month periods. Considering the 32-year period in which the evaluation was made, it was found that there was no decreasing trend in the rainfall values of the stations examined.

1. Giriş

Hidrolojik döngü içerisindeki en önemli unsurlardan biri olan yağışın zamansal ve mekânsal dağılımı pek çok doğal olayın gerçekleşmesine neden olduğu gibi bunlara bağlı insan faaliyetlerini de etkilemektedir. Dünya'da bir yılda düşen toplam yağış miktarı 550 000 km³ olarak tahmin edilirken bunun 398 000 km³'ünün okyanuslar üzerine geriye kalan 107 000 km³'ünün ise karalar üzerine düştüğü kabul edilmektedir (Anonim, 2019a). Özellikle karalar üzerine düşen yağış miktarındaki zamansal ve mekânsal değişim tarım faaliyetlerini derinden etkilemektedir. Bu etkileşim bazen kuraklık şeklinde ortaya çıkacağı gibi bazen de tarım alanlarında drenaj problemi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Hemen her iklim tipinde tekrarlı olarak görülen kuraklık; belirli periyotlarda ölçülen yağış miktarının ortalamanın belirgin bir şekilde altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır (Tolunay ve Akça, 2018). Etki derecesine, gerçekleşme aralığına, süresine ve etkilediği alana göre farklı parametrelere sınıflandırılabilen kuraklık yaygın olarak meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört şekilde sınıflandırılmaktadır. Kuraklık; başlangıç ve bitişinin belli olmaması, kümülatif olarak şiddetinin artması, aynı anda birden fazla kaynağa

etki etmesi ve ciddi ekonomik kayıplara neden olması gibi nedenlerle diğer doğal afetlerden ayrılmaktadır.

Araştırmacılar, kuraklığın etki alanını, oluş sıklığını, şiddetini ve süresini tahmin etmek için çeşitli yöntemler geliştirmektedirler (Yetmen, 2013). Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanlardan biri McKee vd. (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi'dir (SYİ). Bu yöntemde, 1 aydan 96 aya kadar sürelerle kuraklık analizi yapmak mümkündür (Anonim, 2019c). Kuraklıkla ilgili analizler; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde su kaynaklarının yönetiminde, kuraklık eylem planlarının hazırlanmasında, su kaynaklarıyla ilgili planlamalarda, tarımla ya da su kaynaklarıyla ilgili yatırımlarda ve konuyla ilgili politika üretkenler için en önemli bilgi kaynaklarından biridir.

Bu çalışmada, Isparta merkez ilçe, Atabey, Eğirdir, Senirkent, Uluborlu ve Yalvaç'ta bulunan meteoroloji istasyonlarından alınan aylık toplam yağış değerleri kullanılarak SYİ yöntemi ile 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan standart yağış indisleri kullanılarak kuraklığın zamansal değişimi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye'nin güneybatısında Akdeniz Bölgesi'nde göller yöresinin merkezinde yer alan Isparta'nın yüzölçümü 8933 km²'dir. Batısında Burdur, kuzeyinde Afyonkarahisar,

doğusunda Konya, güneyinde Antalya'nın yer aldığı Isparta; 30°01'-31°33' doğu boylamları ile 37°18'-38°30' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışmada, Çizelge 1'de bazı özellikleri verilen ve Merkez ilçe, Atabey, Eğirdir, Senirkent, Uluborlu ve Yalvaç ilçelerinde bulunan meteoroloji istasyonlarında 1987-2018 yıllarına ait 32 yıllık yağış değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. Meteoroloji istasyonlarının bazı özellikleri (Anonim, 2019b)

Table 1. Some features of meteorological stations (Anonymous, 2019b)

İstasyon	Rakım (m)	Enlem	Boylam	Ölçüm Periyodu
Atabey	1000	37.9549°	30.6396°	1987-2018
Eğirdir	920	37.8377°	30.8720°	1987-2018
Isparta merkez	997	31.7848°	30.7679°	1987-2018
Senirkent	959	38.1047°	30.5577°	1987-2018
Uluborlu	1025	38.0860°	30.4582°	1987-2018
Yalvaç	1096	38.2830°	31.1778°	1987-2018

2.2. Aylık Ortalama Yağış Verileri

Atabey, Eğirdir, Isparta merkez, Senirkent, Uluborlu ve Yalvaç meteoroloji istasyonlarının 32 yıllık ortalama yağış değerleri sırasıyla 448.1 mm, 796.5 mm, 513.3 mm, 668.2 mm, 604.5 mm ve 519.7 mm olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2, Şekil 1). Bu yağış verileri dikkate alındığında il içerisinde oldukça değişken bir yağış rejiminin olduğunu söylemek mümkündür. Örneğin Atabey ile Eğirdir istasyonlarının arası kuş uçuşu yaklaşık 24.3 km olmasına karşılık bu iki istasyon arasında 348 mm'lik yağış farkı mevcuttur. Bu farklılığın Eğirdir ilçesinin özel mikroklimatolojik özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

2.3. Metot

Çalışmada, McKee vd. (1993) tarafından, yağışın zamana bağlı değişimini ve buna bağlı olarak oluşan meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkları takip etme amacıyla geliştirilen Standart Yağış İndeksi kullanılmıştır. Bu yöntemde, farklı iklim özellikleri sergileyen bölgelerde kuraklığı tanımlamak için yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştürmek ve 3, 6, 9, 12, 24, 36 ve 48'er aylık periyotlarda değerlendirmek mümkündür. Standart yağış serisi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

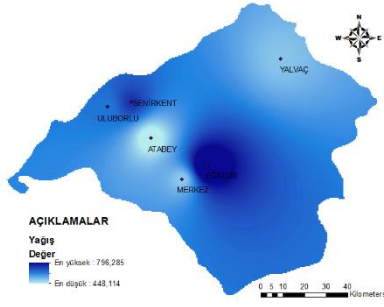
$$X_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \quad (1)$$

Eşitlikte; X_i ; herhangi bir zamandaki yağış miktarını, \bar{X} ; serinin ortalamasını, S_x ; serinin standart sapmasını ifade etmektedir.

Çizelge 2. Uzun yıllık (1987-2018) aylık ortalama yağış verileri (mm)

Table 2. Long-term (1987-2018) monthly average precipitation data (mm)

Aylar	Atabey	Eğirdir	Isparta Merkez	Senirkent	Uluborlu	Yalvaç
1	54.3	120.6	62.4	79.2	69.4	59.8
2	43.9	104.7	50.3	74.4	60.7	53.3
3	51.5	95.3	57.4	79.3	69.8	55.2
4	50.9	75.8	51.6	69.8	63.6	58.7
5	47.5	57.3	57.3	59.7	62.0	48.8
6	26.2	25.7	29.4	36.6	33.2	34.5
7	13.8	9.3	17.7	16.8	23.8	14.5
8	12.8	9.6	15.7	14.5	15.2	10.9
9	15.6	20.9	18.5	21.5	20.2	18.6
10	32.6	55.2	38.2	47.8	46.5	44.1
11	39.6	81.7	45.5	70.9	57.4	51.1
12	59.4	140.4	69.3	97.8	82.7	70.3
Yıllık	448.1	796.5	513.3	668.2	604.5	519.7



Şekil 1. Çalışma alanındaki istasyonların yıllık toplam yağış miktarları
Figure 1. Total annual rainfall of the stations in the study area

SYİ kuraklık sınıfları standart normal dağılıma uygun yağış verilerinden elde edilmektedir. Buna karşın yağışların olasılık dağılım fonksiyonu normal dağılıma uymaz. Thom (1966), yağış verilerine en uygun olasılık dağılımının gamma dağılımı olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle SYİ çalışmalarında önce yağış toplamları olasılık dağılım fonksiyonunun gamma dağılımı ile düzeltilmesi gerekir. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan günlük yağış verileri öncelikle MS Excel yazılımı ile istasyon-yıl bazında düzenlenmiş, ikinci aşamada ise, SPI Generator (Anonim, 2019c) bilgisayar yazılımı yardımıyla öncelikle ham yağış verileri gama dağılımına uydurulmuş daha sonra SYİ değerleri hesaplanmıştır. SYİ'nin negatif olduğu dönemler kurak dönem olarak değerlendirilmekte, buna karşın pozitif olduğu dönemler ise yağışlı dönem olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 3) (McKee vd., 1993).

Çizelge 3. SYİ yöntemine göre kuraklık sınıfları
Table 3. Drought classes according to SPI method

SYİ Değerleri	Kuraklık Sınıflandırılması
$2.0 > SYİ$	Çok şiddetli yağışlı
$1.5 < SYİ \leq 2.0$	Çok yağışlı
$1.0 < SYİ \leq 1.5$	Orta şiddetli yağışlı
$0 < SYİ \leq 1.0$	Normal
$-1.0 < SYİ \leq 0$	Normale yakın kuraklık
$-1.5 < SYİ \leq -1.0$	Orta şiddetli kuraklık
$-2.0 < SYİ \leq -1.5$	Şiddetli kuraklık
$-2.0 \leq SYİ$	Çok şiddetli kuraklık

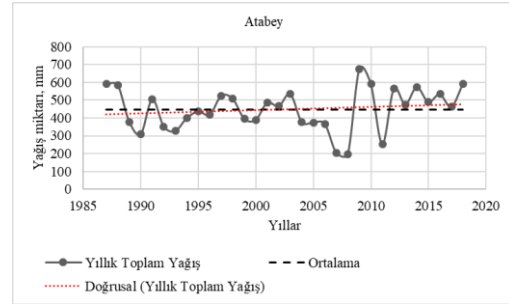
Çizelge 4. Atabey istasyonuna ait kuraklık oluşum yüzdeleri
Table 4. Drought percentages of Atabey Station

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	1.8	1.0	0.3	0.0	0.0	1.4
Çok yağışlı	3.1	3.9	3.4	1.3	2.9	2.2
Orta şiddetli yağışlı	12.2	10.7	11.3	10.9	8.6	14.1
Normal	34.1	39.0	40.4	45.5	45.3	32.1
Normale yakın kuraklık	37.0	31.4	32.7	31.6	34.0	36.3
Orta şiddetli kuraklık	6.5	6.3	5.8	4.5	3.2	6.4
Şiddetli kuraklık	4.4	5.8	2.6	2.7	2.1	3.6
Çok şiddetli kuraklık	0.8	1.8	3.4	3.5	3.8	3.9

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Atabey ilçesi SYİ zaman serileri

Atabey ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 2'de sunulmuştur. Atabey istasyonunda 1987-2018 yılları arasındaki yağış ortalaması 519.7 mm'dir. Grafik incelendiğinde 32 yıllık dönemin 14 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük 18 yılında ise uzun yıllar ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü görülmektedir.



Şekil 2. Atabey ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri
Figure 2. The total annual rainfall values of Atabey

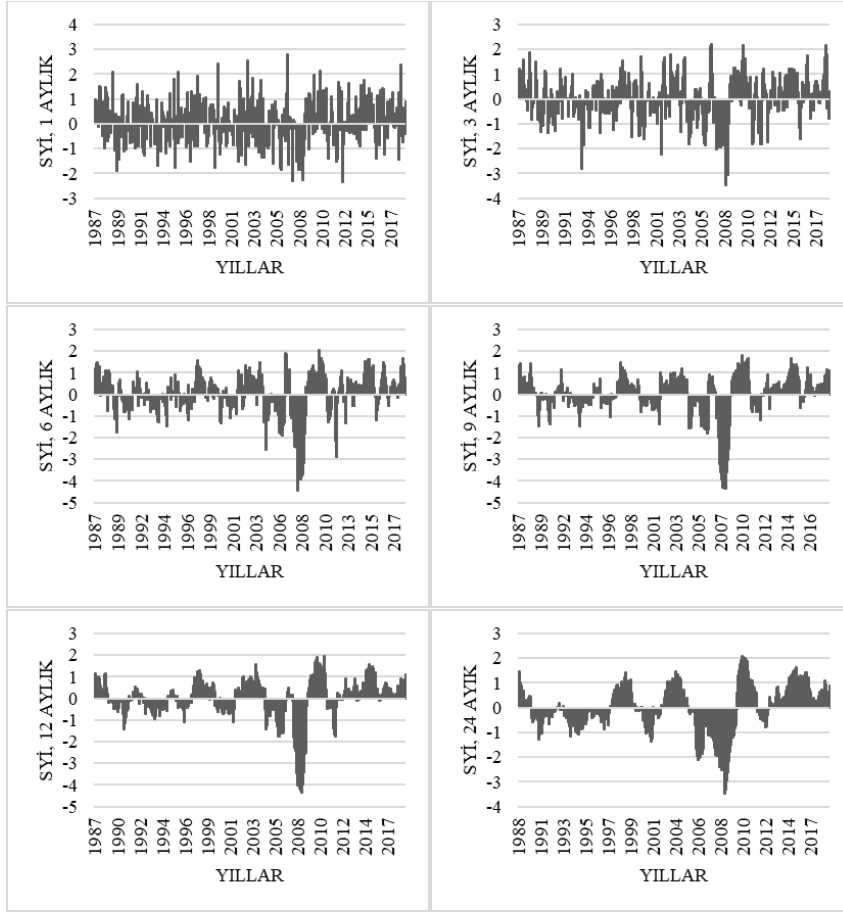
Atabey ilçesi meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin geçmiş yıllardaki kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4'e göre Atabey ilçesinde normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %37, %6.5, %4.4 ve %0.8; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.4, %6.3, %5.8, %1.8; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.7, %5.8, %2.6, %3.4; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.6, %4.5, %2.7, %3.5; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %34, %3.2, %2.1, %3.8; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %36.3, %6.4, %3.6, %3.9 olarak belirlenmiştir.

Atabey ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 3'de sunulmuştur.

Şekil 3'e göre 1 aylık SYİ değerlerinde en uzun kuraklık dönemi Ağustos 2007 ile Temmuz 2008 arasında 12 ay; 3 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönemi Nisan 2007 ile Ağustos 2008 arasında 17 ay; 6 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık süresi Nisan 2007 ile Ekim 2008 arasında 19 ay; 9 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönemi Aralık 1992 ile Şubat 1995 arasında 27 ay; 12 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönemi Aralık 1992 ile Şubat 1995 arasında 27 ay sürmüştür. Daha uzun periyotlu değerlendirme yapılabilmesi nedeniyle hidrolojik kuraklığı daha açık tanımlayabilen 24 aylık SYİ değerlerine göre ise en uzun

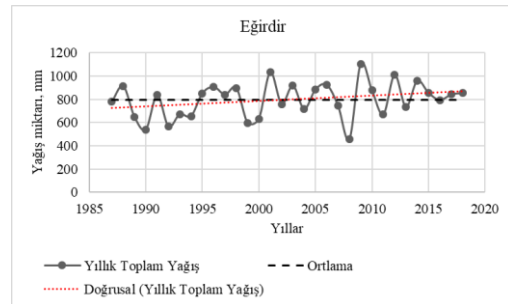
periyotlu kuraklık Mayıs 2005 ile Aralık 2009 arasında 56 ay sürmüştür. Türkeş ve Erlat (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye genelinde 1989-1990 yıllarının kurak yıllar olduğunu bildirmişlerdir. Akbaş ve Tatlı (2013), Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada 2006-2008 yıllarının kurak geçtiğini bildirmişlerdir. Genel olarak 12 ve 24 aylık uzun periyotlu SYİ verileri değerlendirildiğinde Atabey istasyonunun bulunduğu bölgede en uzun kuraklık periyodunun 1992-1995 ve 2005-2009 yılları arasında gerçekleştiği görülmektedir. Araştırmadan elde edilen bulguların diğer araştırma sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Atabey ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 3. SPI time series of Atabey district

3.2. Eğirdir ilçesi SYİ zaman serileri

Eğirdir ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 4'de sunulmuştur. Eğirdir istasyonunda 1987-2018 yılları arasındaki yağış ortalaması 796.5 mm'dir. Bu yönüyle değerlendirildiğinde çalışma sahası içerisindeki en yüksek yağış ortalamasına sahip istasyondur. Grafik incelendiğinde 32 yıllık dönemin 13 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük 19 yılında ise uzun yıllar ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4. Eğirdir ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri
Figure 4. The total annual rainfall values of Eğirdir

Eğirdir ilçesi meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki

kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 5'de verilmiştir.

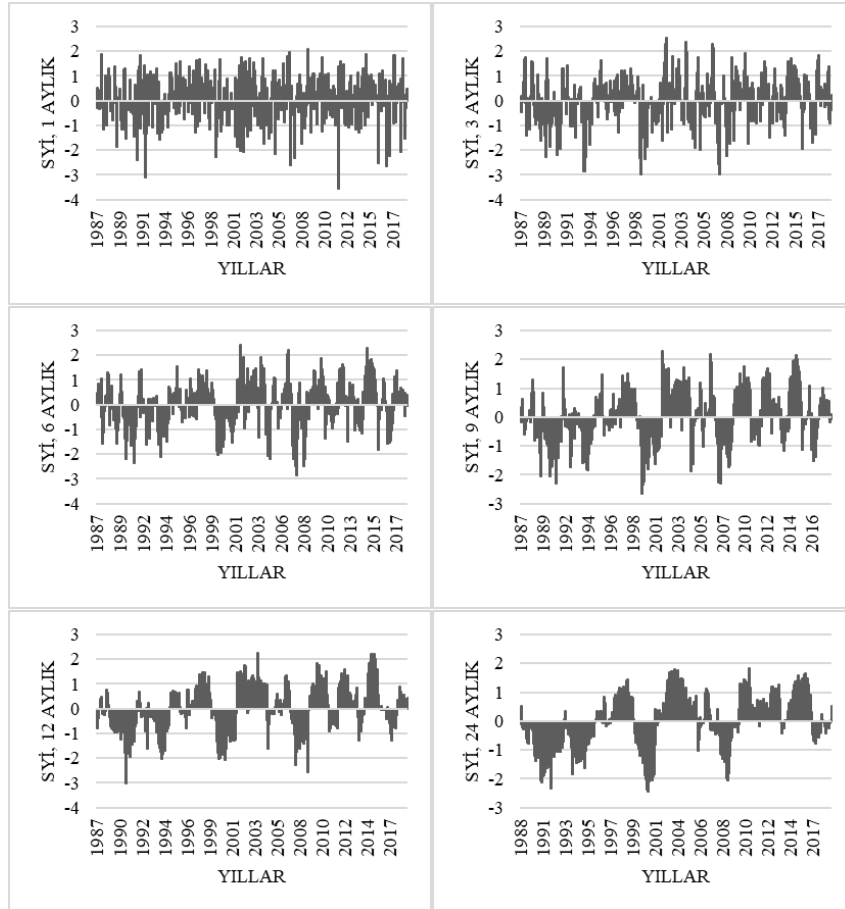
Çizelge 5. Eğirdir istasyonuna ait kuraklık oluşum yüzdeleri
Table 5. Drought percentages of Eğirdir Station

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	0.3	1.3	1.3	1.1	1.9	0.0
Çok yağışlı	5.5	4.7	3.4	5.3	3.2	3.6
Orta şiddetli yağışlı	11.8	9.7	12.7	12.0	13.7	16.6
Normal	34.1	37.2	35.9	31.9	31.1	30.5
Normale yakın kuraklık	32.5	32.5	29.0	33.2	33.8	29.6
Orta şiddetli kuraklık	10.0	7.1	9.0	9.0	8.6	11.9
Şiddetli kuraklık	2.4	4.2	5.5	5.1	5.6	5.0
Çok şiddetli kuraklık	3.4	3.4	3.2	2.4	2.1	2.8

Çizelge 5'ye göre Eğirdir ilçesinde normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.5, %10, %2.4, %3.4; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.5, %7.1, %4.2, %3.4; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %29, %9, %5.5, %3.2; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %33.2, %9, %5.1, %2.4; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %33.8, %8.6, %5.6, %2.1; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %29.6, %11.9, %5, %2.8 olarak tespit edilmiştir. Keskin vd.

(2007) Eğirdir bölgesinde yaptıkları SYİ çalışmasında kurak sınıflar içerisinde normale yakın kuraklık görülen ayların sayısının diğer kuraklık kategorilerine göre fazla olduğunu bildirmişlerdir. Eğirdir ilçesi SYİ sınıflarının dağılımları incelendiğinde benzer bulgular tespit edilmiştir.

Eğirdir ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 5'de sunulmuştur.



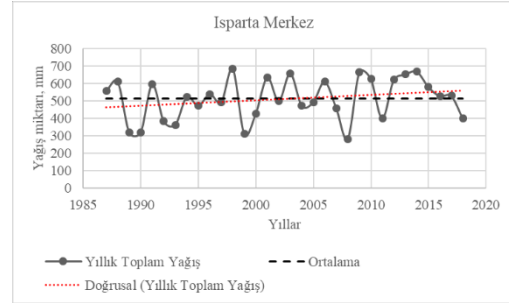
Şekil 5. Eğirdir ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 5. SPI time series of Eğirdir district

Şekil 5'e göre 1 aylık SYİ değerlerinde en uzun kuraklık dönemi Aralık 1989 ile Mayıs 1990 arasında 6 ay, 3 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönem Mayıs 1993 ile Haziran 1994 arasında 14 ay, 6 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönem Mayıs 1999 ile Ağustos 2001 arasında 28 ay, 9 aylık SYİ değerleri incelendiğinde en uzun kuraklık döneminin Eylül 1999 ile Ekim 2001 arasında 26 ay, 12 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kurak dönem Mart 1989 ile Kasım 1991 arasında 33 ay devam etmiştir. Hidrolojik kuraklık açısından daha sağlıklı bir değerlendirme yapılabilen 24 aylık SYİ değerlerine göre ise en uzun kurak dönem Ocak 1989 ile Ocak 1993 arasında 49 ay sürmüştür. Türkeş ve Erlat (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye genelinde 1989-1990 yıllarında kuraklık meydana geldiğini bildirmişlerdir. Akbaş ve Tatlı (2013), Türkiye'de yaptıkları çalışmada 2006-2008 yılları arasının kurak geçtiğini bildirmişlerdir. Araştırmadan elde edilen 12 ve 24 aylık SYİ verileri birlikte değerlendirildiğinde Eğirdir istasyonu için yukarıdaki araştırmalarda belirlenen periyotları da içine alacak şekilde daha uzun dönemli kuraklık gerçekleştiği görülmektedir. Buradan bu yörede belirtilen dönemlerdeki hidrolojik kuraklığın etkisini daha fazla hissedildiği şeklinde yorumlanabilir.

3.3. Isparta Merkez ilçe SYİ zaman serileri

Isparta merkez ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Isparta merkez istasyonunda

1987-2018 yılları arasındaki yağış ortalaması 513.3 mm'dir. Araştırma sahası içerisinde Atabey'den sonra en düşük yağış ortalamasına sahip olan istasyon Isparta merkez ilçedir. Grafik incelendiğinde 32 yıllık dönemin 15 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük, 17 yılında ise uzun yıllar ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü gözlemlenmektedir.



Şekil 6. Isparta Merkez ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri

Figure 6. The total annual rainfall values of Isparta center district

Isparta Merkez ilçe meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Isparta Merkez ilçe istasyonuna ait kuraklık oluşum yüzdeleri

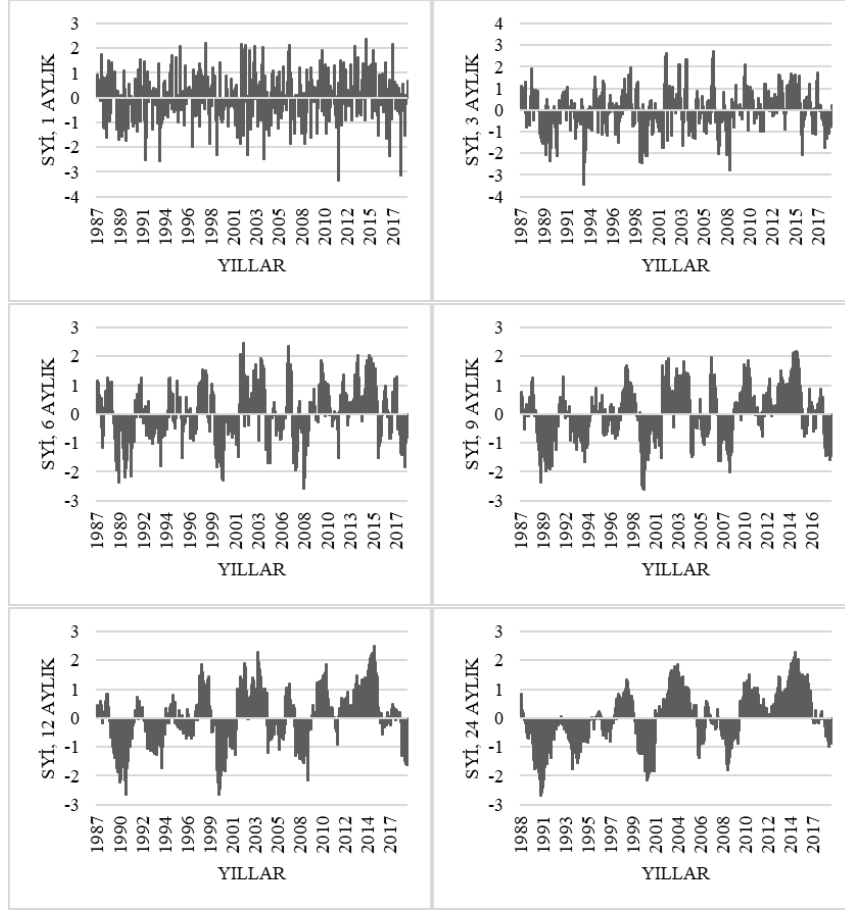
Table 6. Percentages of drought according to SPI method of Isparta station

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	2.6	2.4	1.3	1.3	1.9	1.7
Çok yağışlı	3.4	3.7	6.3	6.4	4.0	4.7
Orta şiddetli yağışlı	10.2	9.4	12.1	10.4	11.0	11.1
Normal	38.3	36.9	28.5	34.0	34.6	32.1
Normale yakın kuraklık	30.5	31.7	37.2	31.1	30.6	33.5
Orta şiddetli kuraklık	8.6	8.6	5.8	10.1	11.0	8.3
Şiddetli kuraklık	4.4	3.4	6.9	4.8	4.6	6.6
Çok şiddetli kuraklık	2.1	3.9	1.8	1.9	2.4	1.9

Çizelge 6'ya göre Isparta Merkez ilçede normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık, çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %30.5, %8.6, %4.4, %2.1; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.7, %8.6, %3.4, %3.9; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %37.2, %5.8, %6.9, %1.8; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.1, %10.1, %4.8, %1.9; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %30.6, %11, %4.6, %2.4; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %33.5, %8.3, %6.6, %1.9 olarak hesaplanmıştır. Keskin

vd. (2007) Isparta Merkezde yaptıkları SYİ çalışmasında kurak sınıflar içerisinde normale yakın kuraklık görülen ayların sayısının diğer kuraklık kategorilerine göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Isparta merkez ilçede SYİ sınıflarının dağılımları incelendiğinde benzer bulgular tespit edilmiştir.

Isparta Merkez ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 7'de sunulmuştur.



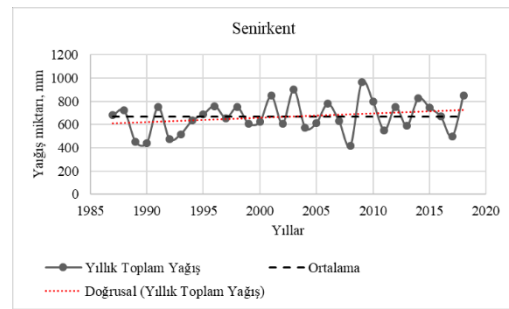
Şekil 7. Isparta merkez ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 7. SPI time series of Isparta district

Şekil 7'e göre 1 aylık SYİ değerlerinde en uzun kuraklık dönemi Eylül 1999 ile Mart 2000 arasında 7 ay, 3 aylık SYİ değerlerine bakıldığında en uzun kuraklık dönemi Aralık 2017 ile Kasım 2018 arasında 12 ay, 6 aylık SYİ değerlerini incelediğimizde en uzun kuraklık Haziran 1999 ile Ekim 2001 arasında 29 ay, 9 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönemi Nisan 1989 ile Haziran 1991 arasında 27 ay, 12 aylık SYİ değerleri incelendiğinde Mart 1989 ile Eylül 1991 arasında ve Mayıs 1999 ile Kasım 2001 yılları arasında 31 ay sürmüştür. Hidrolojik kuraklığın daha iyi tanımlanabildiği 24 aylık SYİ değerlerine göre ise en uzun kuraklık dönemi Nisan 1989 ile Ekim 1992 arasında 43 ay sürmüştür. Türkeş ve Erlat (2005) Türkiye'de yaptıkları çalışmada 1989-1990 yıllarının kurak geçtiğini, Akbaş ve Tatlı (2013), Türkiye'de yaptıkları çalışmada 2006-2008 yılları arasında kurak yılların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yukarıda sunulan araştırma sonuçlarında belirtilen periyotlarda Isparta merkez ilçede de kuraklık periyodu görülmesine karşın, 24 aylık uzun periyotlu SYİ verilerine göre en uzun kuraklık periyodunun 1989-1992 yılları arasında gerçekleştiği görülmektedir.

3.4. Senirkent ilçesi SYİ zaman serileri

Senirkent ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 8'de verilmiştir. Senirkent istasyonunda

1987-2018 yılları arasındaki yağış ortalaması 668.2 mm ile araştırma alanındaki ikinci en yüksek yağış ortalamasına sahip istasyondur. Grafik incelendiğinde 32 yıllık dönemin 16 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük 16 yılında ise uzun yıllar ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 8. Senirkent ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri
Figure 8. The total annual rainfall values of Senirkent district

Senirkent ilçesi meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 7'de verilmiştir.

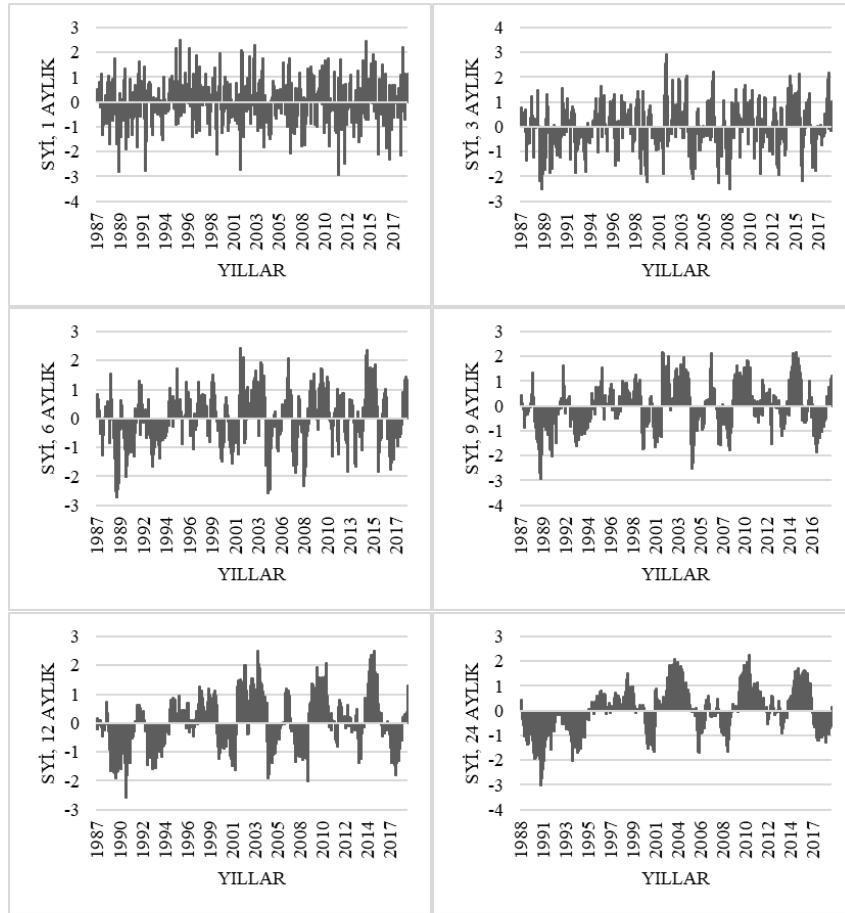
Çizelge 7. Senirkent ilçesinde SYİ yöntemine göre kuraklık oluşum yüzdeleri
Table 7. Percentages of drought according to SPI method in Senirkent District

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	1.9	1.8	1.6	1.9	2.9	0.6
Çok yağışlı	4.5	3.4	5.0	6.6	4.6	8.3
Orta şiddetli yağışlı	7.9	12.3	10.3	10.4	10.5	7.8
Normal	37.8	31.7	33.8	32.4	30.8	36.6
Normale yakın kuraklık	33.6	34.8	33.8	32.7	30.3	29.1
Orta şiddetli kuraklık	7.9	7.6	8.4	9.0	14.7	9.7
Şiddetli kuraklık	3.7	6.3	4.7	5.3	5.6	6.6
Çok şiddetli kuraklık	2.6	2.1	2.4	1.6	0.5	1.4

Çizelge 7'ye göre Senirkent ilçesinde normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %33.6, %7.9, %3.7, %2.6; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %34.8, %7.6, %6.3, %2.1; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %33.8, %8.4, %4.7, %2.4; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.7, %9, %5.3, %1.6; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %30.3, %14.7, %5.6, %0.5; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %29.1, %9.7, %6.6, %1.4 olarak hesaplanmıştır. Keskin

vd. (2007) Senirkent ilçesinde yaptıkları SYİ çalışmasında kurak sınıflar içerisinde normale yakın kuraklık görülen ayların sayısının diğer kuraklık kategorilerine göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada Senirkent SYİ sınıflarının dağılımları incelendiğinde benzer bulgular tespit edilmiştir.

Senirkent ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. Senirkent ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 9. SPI time series of Senirkent district

Şekil 9'a göre 1 aylık SYİ değerlerinde en uzun kuraklık dönemi Aralık 1989 ile Mayıs 1990 ve Mayıs 2004 ile Ekim 2004 arasında 6 ay, 3 aylık SYİ değerlerine göre en

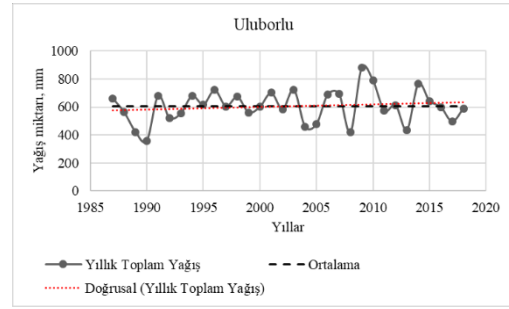
uzun kuraklık dönemi Eylül 1992 ile Aralık 1993 arasında 16 ay, 6 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kurak dönem Ekim 1992 ile Eylül 1994 arasında 24 ay, 9 aylık SYİ

değerleri incelendiğinde en uzun kuraklık döneminin Ocak 1989 ile Temmuz 1991 arasında 31 ay, 12 aylık SYİ değerlerine baktığımızda en uzun kuraklık dönemi Şubat 1989 ile Eylül 1991 arasında 32 ay, 24 aylık SYİ değerleri incelendiğinde ise en uzun kuraklık döneminin Şubat 1989 ile Haziran 1995 arasında 77 ay, ikinci en uzun kuraklık döneminin ise Şubat 2017 ile Kasım 2018 dönemlerinde 22 ay sürdüğü görülmektedir. Türkeş ve Erlat (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye genelinde 1989-1990 yıllarının kurak geçtiğini, Akbaş ve Tatlı (2013) Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada 2006-2008 yıllarının kurak geçtiğini tespit etmişlerdir. Araştırmadan elde edilen özellikle 24 aylık SYİ değerleri incelendiğinde Senirkent ilçesinin literatürde verilen sonuçlardan daha uzun süreli kuraklığa maruz kaldığı görülmektedir.

3.5. Uluborlu ilçesi kuraklık durumu

Uluborlu ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 10'de sunulmuştur. Uluborlu istasyonunda 1987-2018 yılları arasındaki yağış ortalaması 604.5 mm'dir. Grafik incelendiğinde Isparta merkez ilçeye benzer şekilde 32 yıllık dönemin 15 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük, 17 yılında ise uzun yıllar

ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü saptanmıştır.



Şekil 10. Uluborlu ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri
Figure 10. The total annual rainfall values of Uluborlu district

Uluborlu ilçesi meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Uluborlu ilçesinde SYİ yöntemine göre kuraklık oluşum yüzdeleri

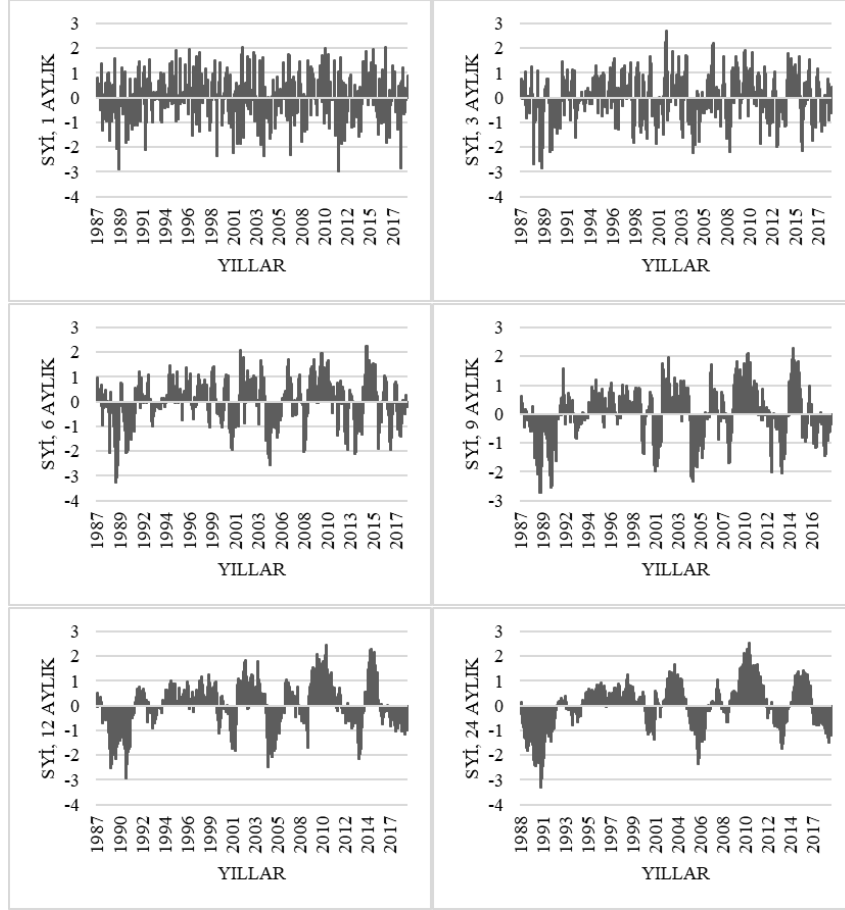
Table 8. Percentages of drought according to SPI method of Uluborlu station

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	0.8	1.0	0.8	0.8	2.1	2.2
Çok yağışlı	6.0	4.2	3.7	5.9	4.3	3.3
Orta şiddetli yağışlı	9.7	11.8	11.1	8.5	7.5	10.2
Normal	35.6	33.0	39.1	37.5	38.6	40.2
Normale yakın kuraklık	32.5	32.2	26.9	30.1	31.4	27.4
Orta şiddetli kuraklık	8.1	10.5	10.6	8.0	6.4	9.7
Şiddetli kuraklık	5.0	4.2	4.5	5.3	6.7	2.8
Çok şiddetli kuraklık	2.4	3.1	3.4	4.0	2.9	4.2

Çizelge 8'e göre Uluborlu ilçesinde normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.5, %8.1, %5, %2.4; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %32.2, %10.5, %4.2, %3.1; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %26.9, %10.6, %4.5, %3.4; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %30.1, %8, %5.3, %4; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.4, %6.4, %6.7, %2.9; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %27.4, %9.7, %2.8, %4.2 olarak belirlenmiştir. Keskin vd.

(2007) Uluborlu ilçesinde yaptıkları SYİ çalışmasında kurak sınıflar içerisinde normale yakın kuraklık görülen ayların sayısının diğer kuraklık kategorilerine göre daha fazla meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada Uluborlu SYİ sınıflarının dağılımları incelendiğinde benzer bulgular olduğu görülmüştür.

Uluborlu ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 11'de sunulmuştur.



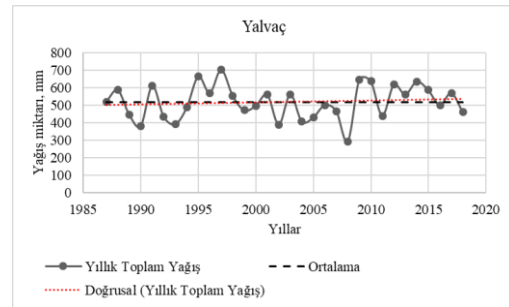
Şekil 11. Uluborlu ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 11. SPI time series of Uluborlu district

Şekil 11'e göre 1 aylık SYİ değerlerinde en uzun kuraklık dönemi Aralık 1988 Mayıs 1989 arasında 7 ay, 3 aylık SYİ değerleri incelendiğinde en uzun kuraklık dönemi Ocak 1990 ile Nisan 1991 arasında 16 ay, 6 aylık SYİ değerleri incelendiğinde en uzun kuraklık dönemin Temmuz 2004 ile Şubat 2006 arasında 20 ay, 9 aylık SYİ değerlerine baktığımızda ise en uzun kuraklık dönem Aralık 1988 ile Temmuz 1991 arasında 32 ay, 12 aylık SYİ değerlerini incelediğimizde en uzun kuraklık döneminin Aralık 1988 ile Eylül 1991 arasında 32 ay, 24 aylık SYİ değerlerine göre ise en uzun kuraklık dönemi Ocak 1989 ile Mayıs 1992 arasında 41 ay sürmüştür. Türkes ve Erlat (2005) Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada 1989-1990 yıllarını kurak yıllar olarak tespit etmişlerdir. Akbaş ve Tatlı (2013) Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada ise 2006-2008 yıllarında kuraklık meydana geldiğini özellikle 2008 yılının en kurak yıl olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmadan elde edilen 24 aylık SYI verileri değerlendirildiğinde en uzun süreli kuraklığın 1989-1992 yılları arasında gerçekleştiği, görülmektedir. Bu sonuç diğer araştırmalarla uyumludur.

3.6. Yalvaç ilçesi SYİ zaman serileri

Yalvaç ilçesine ait yıllık toplam yağış değerlerinin grafiği Şekil 12'de sunulmuştur. Yalvaç istasyonunda 1987-2018

yılları arasındaki yağış ortalaması 519.7 mm'dir. Grafik incelendiğinde 32 yıllık dönemin 16 yılında uzun yıllar ortalamasından daha düşük 16 yılında ise uzun yıllar ortalamasından daha yüksek miktarda yağış düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 12. Yalvaç ilçesine ait yıllık toplam yağış değerleri
Figure 12. The total annual rainfall values of Yalvaç district

Yalvaç ilçesi meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak bölgenin kuraklığı SYİ yöntemi ile analiz edilmiştir. Hesaplanan SYİ değerleri Çizelge 3'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılım olarak Çizelge 9'da verilmiştir.

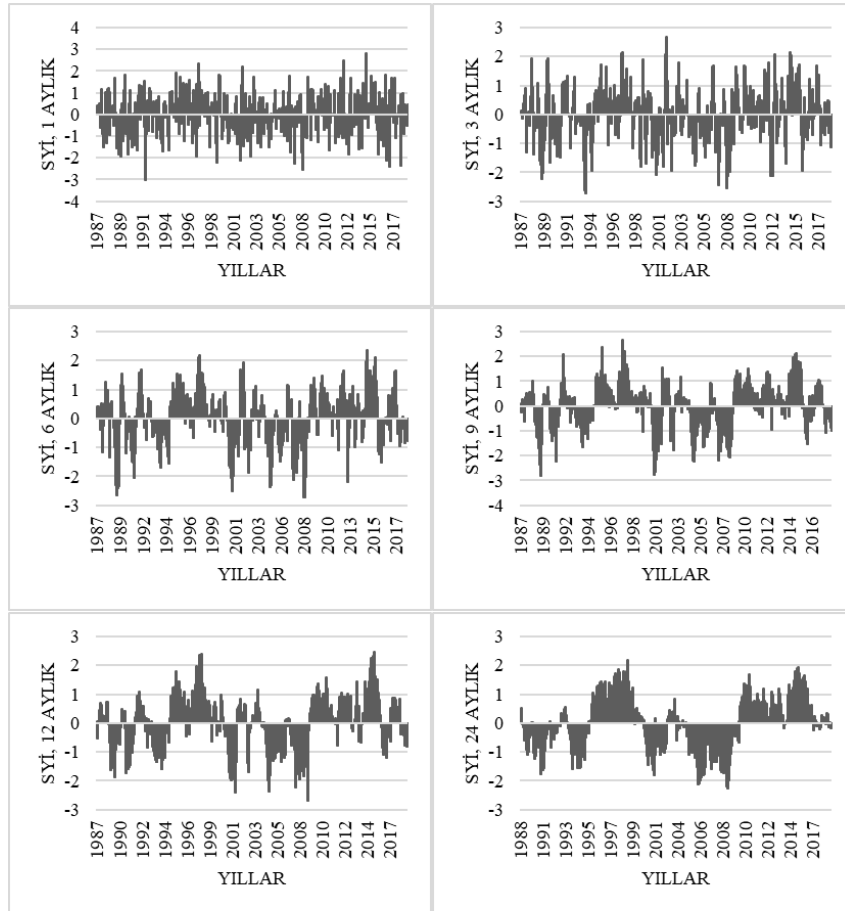
Çizelge 9. Yalvaç ilçesinde SYİ yöntemine göre kuraklık oluşum yüzdeleri
Table 9. Percentages of drought according to SPI method of Yalvaç station

SYİ Sınıfları	1 Aylık SYİ (%)	3 Aylık SYİ (%)	6 Aylık SYİ (%)	9 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	24 Aylık SYİ (%)
Çok şiddetli yağışlı	1.1	1.8	1.1	2.1	1.9	0.3
Çok yağışlı	4.5	5.5	5.5	3.2	2.7	5.5
Orta şiddetli yağışlı	10.8	8.1	10.0	9.8	10.5	14.4
Normal	35.0	36.1	38.0	40.7	41.0	32.4
Normale yakın kuraklık	31.8	31.4	29.6	25.3	24.1	28.0
Orta şiddetli kuraklık	9.5	8.6	7.4	10.4	11.0	10.2
Şiddetli kuraklık	5.3	5.5	4.0	5.6	7.5	7.8
Çok şiddetli kuraklık	2.1	2.9	4.5	2.9	1.3	1.4

Çizelge 9'a göre Yalvaç ilçesinde normale yakın kuraklık, orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık oluşum yüzdeleri 1 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.8, %9.5, %5.3, %2.1; 3 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %31.4, %8.6, %5.5, %2.9; 6 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %29.6, %7.4, %4, %4.5; 9 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %25.3, %10.4, %5.6, %2.9; 12 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %24.1, %11, %7.5, %1.3; 24 aylık SYİ değerlerine göre sırasıyla %28, %10.2, %7.8, %1.4 olarak belirlenmiştir. Keskin vd. (2007)

Yalvaç ilçesinde yaptıkları SYİ çalışmasında kurak sınıflar içerisinde normale yakın kuraklık görülen sınıfların diğer kuraklık kategorilerine göre daha fazla meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Yalvaç SYİ sınıflarının dağılımları incelendiğinde benzer bulgular olduğu görülmüştür.

Yalvaç ilçesinde bulunan istasyona ait verilerden üretilmiş 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık standartlaştırılmış yağış indekslerinin grafikleri Şekil 13'de sunulmuştur.



Şekil 13. Yalvaç ilçesine ait SYİ zaman serileri
Figure 13. SPI time series of Yalvaç district

Şekil 13'e göre 1 aylık SYİ değerleri incelendiğinde en uzun kuraklık dönemi Ocak 2008 ile Ağustos 2008 arasında 8, 3 aylık SYİ değerlerine baktığımızda en uzun

kurak dönem Ekim 1992 ile Aralık 1993 arasında 15 ay, 6 aylık SYİ değerlerini incelediğimizde en uzun kuraklık dönemi Aralık 1992 ile Eylül 1994 arasında 22 ay, 9 aylık

SYİ değerlerine göre en uzun kuraklık dönemi Eylül 2004 ile Eylül 2006 arasında 25 ay, 12 aylık SYİ değerleri incelendiğinde ise en uzun kurak dönemin Eylül 2004 ile Eylül 2006 arasında 25 ay, 24 aylık SYİ değerlerine göre ise en uzun kurak dönem Aralık 2004 ile Aralık 2009 arasında yaşanmış ve 61 ay sürmüştür. Türkes ve Erlat (2005) Türkiye’de yaptıkları çalışma sonucunda 1989-1990 yıllarının kurak yıl olarak geçtiğini belirlemişlerdir. Akbaş ve Tatlı (2013) Türkiye genelinde yaptıkları çalışmada ise 2006-2008 yıllarının kurak yıl olarak geçtiğini, özellikle 2008 yılının en kurak yıl olduğu bildirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda da 2008 yılında diğer yıllarda göre kuraklık şiddetinin daha yüksek olduğu ve özellikle 24 aylık SYI değerleri incelendiğinde Yalvaç ilçesinin literatürde verilen sonuçlardan daha uzun süreli kuraklığa maruz kaldığı görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada Isparta iline ait 6 meteorolojik istasyonunun 1987-2018 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak Standart Yağış İndeksi yöntemiyle 1, 3, 6, 9 12 ve 24 aylık süreler için kuraklık analizi yapılmıştır. 24 aylık SPI değerleri göz önüne alındığında kuraklık; Atabey’de 56 ay (Mayıs 2005 – Aralık 2009), Eğirdir’de 49 ay (Ocak 1989 – Ocak 1993), Isparta merkezde 43 ay (Nisan 1989 – Ekim 1992), Senirkent’de 77 ay (Şubat 1989 – Haziran 1995), Uluborlu’da 41 ay (Ocak 1989 – Mayıs 1992) ve Yalvaç’da ise 61 ay (Aralık 2004 – Aralık 2009) sürmüştür. İncelenen dönemde 24 aylık SPI değerleri için kuraklık oluşum yüzdeleri Atabey, Eğirdir, Isparta merkez, Senirkent, Uluborlu ve Yalvaç’da sırasıyla; %50.2, %49.3, %50.3, %46.8, %44.1 ve %47.4 olarak belirlenmiştir. Kuraklık, yaşanan iklimsel değişiklik sebebiyle ciddi tehdit oluşturmaktadır. Buna benzer çalışmalar Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından tüm Türkiye için SYİ

değerlendirmelerini yapmasına karşın, bu tür çalışmaların illerde bulunan istasyonların tamamı için meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığı belirleyecek şekilde ayrıntılı değerlendirmelerin yapılması illerdeki su yönetimi ve kuraklıkla ilgili karar alıcılara yardımcı olacağı düşünülmektedir. Böylece, stratejik doğal bir kaynak olan su kaynaklarının daha etkin kullanımının sağlanmasına ilaveten tarımsal faaliyetlerin de kuraklıktan en az etkilenecek şekilde gerekli çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

5. Kaynaklar

- Akbaş, A., & Tatlı, H. (2013). Türkiye Üzerinde Belli Kuraklık Yılların Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi İle Analizi. 6. Atmosferik Bilim Sempozyumu.
- Anonim,2019a.https://personal.ems.psu.edu/~dmb53/DaveSTELLA/Water/global%20water/global_water.htm. (Erişim tarihi: 23.11.2019)
- Anonim,2019b.<http://www1.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?sSiral=AL&m=ISPARTA#sfB>. (Erişim tarihi: 21.11.2019)
- Anonim,2019c.<https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx> (Erişim tarihi: 21.11.2019)
- Keskin, M. E., Terzi, Ö., Taylan, E. D., & Yılmaz, A. G. (2007). Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Nisan, 350-359.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
- Türkes, M., & Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81(1-2), 45-69.
- Tolunay, D. & Akça, E. (2018). Çölleşme İle Mücadele. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Raporu, 124s.
- Thom, H. C. S. 1966. Some Methods of Climatological Analysis. WMO Technical Note No.81, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 63 pp.
- Yetmen, H., 2013. Van Gölü Havzası’nın Kuraklık Analizi, 21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum. 3(5): 184-198.Yalçın, R., Usta, S., Yüksel, M., Topçuoğlu, B. (1992). *Gül Tarımı Yapılan Isparta Yöresi Topraklarının Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. TUBİTAK TOVAG, GÜLAR 2 Nolu Proje, Ankara.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjes

Farklı Anaçlar Üzerine Aşılamanın Hıyarlarda Bitki Büyümesi, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri

Hanife Sultan ÜRE¹, Hakan AKTAŞ^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler, Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye
*Sorumlu Yazar: hakanaktas@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 18.11.2019

Kabul tarihi: 31.12.2019

Anahtar Kelimeler: Anaç, Aşılama, Erken Verim, Kalem

ÖZET

Bu çalışmada; anaç adayı olabilecek bazı kabak ve kavun türleri üzerine Beith Alfa tipi hıyar aşılama ile bu kombinasyonlardan elde edilen aşılı hıyarların bitki büyümesi, verim ve kalite üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada; *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata*, *Luffa cylindrica*, *Cucumis melo* var. dudaim ve ticari olarak daha çok karpuz için kullanılan TZ148 F₁ anaç olarak, kalem olarak da Bereket F₁ hıyar çeşidi kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak aşısız ve kendi üzerine aşılı bitkiler kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyu bakımından en yüksek değeri TZ 148 F₁ anaç üzerine aşılı hıyar bitkisinden elde edilirken, yine erkenci verimde en yüksek değer TZ 148 F₁ anaçlarından elde edilmiştir. Toplam verimde aşısız (kontrol) grubu, kendi üzerine aşılı (Bereket F₁/ Bereket F₁) ve TZ 148 F₁ üzerine aşılı olan kombinasyonların verimleri daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonunda uygun anaç kombinasyonunun belirlenmesi ile denemede kullanılan hıyar yetiştiriciliğinde bitki büyümesi, verim ve kalite üzerine olumlu etki gösterdiği, aşılı fide kullanımında seçilen anaçların önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

The Effects of Grafting on Different Rootstock On Plant Growth, Yield and Quality

ARTICLE INFO

Received: 18.11.2019

Accepted: 31.12.2019

Keywords: Rootstock, Grafting, Early Yield, Scion

ABSTRACT

In this study; The effects of grafted cucumbers obtained from these combinations on plant growth, yield and quality were investigated by grafting Beith Alfa cucumber on some pumpkin and melon species which may be rootstock candidates. Study; *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata*, *Luffa cylindrica*, *Cucumis melo* var. dudaim and commercially used for more watermelons, TZ148 F₁ was used as rootstock and Bereket F₁ cucumber cultivar was used as scion. As a control group, unvaccinated and grafted plants were used. According to the results of the study, the highest value in terms of plant height was obtained from cucumber plant grafted on TZ 148 F₁ rootstock, while the highest value in early yield was obtained from TZ 148 F₁ rootstocks. The total yields of the unvaccinated (control) group, grafted on itself (Fertility F₁ / Fertility F₁) and combinations grafted on TZ 148 F₁ were determined to be higher. At the end of this study, the determination of suitable rootstock combination showed positive effect on plant growth, yield and quality in cucumber cultivation and it was concluded that selected rootstocks were important for grafted seedling use..

1. Giriş

Hıyar (*Cucumis sativus*) kültüre alınan en eski sebze türlerinden biri olup, anavatanı Hindistan'dır. Yayılışı ise Hindistan'dan Çin'in doğusuna ve Asya'nın batısına doğru, oradan da Kuzey Afrika ve Güney Avrupa'ya doğru yayıldığı bildirilmiştir (Kaloo, 1993). *Cucurbitaceae* familyasının en popüler üyelerinden birisi olan hıyar 90 tür ve 750 cinse sahip yazlık sebze türüdür. Hıyar yaz aylarında açık tarlada sofralık ve turşuluk yetiştirilmektedir (Vural vd., 2000). Dünyada hıyar üretimi yaklaşık olarak 83 milyon ton'dur (FAO, 2017). Türkiye'de 66 000 hektarlık alanda 1 827 782 ton hıyar üretimi yapılmaktadır (TÜİK, 2018). Bu rakamlara göre Türkiye Çin'den sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Son yıllarda değişen iklim, her dönem sebze üretimi yapılma isteği ülkemizdeki örtü altı yetiştiriciliğine geçişi arttırmıştır. Sebze türleri içerisinde bu üretimin, başta domates olmak üzere biber, patlıcan ve hıyar üretimi yıl

boyunca devam etmektedir. Ancak bu üretim süreci aynı yetiştirme alanlarında aynı türlerin yetiştirilmesi, bilinçsiz zirai ilaç ve kimyasal gübre kullanımı gibi faktörler toprak yorgunluğu, üretim alanlarında hastalıkların ve zararlıların artmasına neden olmuştur. Bu nedenle bu sorunların üstesinden gelebilmek için bazı stratejiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Özellikle toprak ve çevresel kaynaklı biyotik ve abiyotik streslere karşı kullanılan aşılı fide yöntemi bu stratejilerden bir tanesidir (Davis vd., 2008).

Aşılama; iki vegetatif bitki parçasını birleştirip tek bir bitki olarak büyümesini sağlama işlemidir (Ağaoğlu vd., 1995). Aynı zamanda bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılığı sağlamak için kullanılmaktadır (Leonardi ve Romano, 2004). Sebze türlerinde aşılama, genellikle toprak kökenli hastalık etmenlerine dayanıklılığı sağlamak için yapılmaya başlamıştır (Ahn vd., 1999; Suchoff vd., 2015). Daha sonra ise aşılama düşük toprak sıcaklığı, kuraklık, tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına karşı kullanılmaya

başlanmıştır (Yang vd., 2012; Penella vd., 2015). Sebzelere ilk aşılı işlemi 20. yüzyılın başlarında Kore ve Japonya'da *Fusarium* solgunluğu nedeniyle verimde meydana gelen azalmayı önlemek için anaç olarak su kabağı (*Lagenaria siceraria*), kalem olarak karpuz (*Citrullus lanatus*) kullanılmış ve iki farklı türün birbiriyle aşılmasıyla başlamıştır. Ülkemizde ise aşılı fide ile ilgili bilimsel çalışmalar 1980'li yılların sonlarına doğru ilk olarak domates üzerine patlıcan aşılanaarak verim ve meyve kalite üzerine etkisinin incelenmesi şeklinde olmuştur (Vuruşkan, 1989). Ticari olarak ise aşılı hıyar fidesi üretimine 2004 yılında başlanmış (100 000 adet) (Yelboğa, 2014) ve bu değer 2019 yılında 10 milyon adete ulaştığı görülmektedir (Fidebirlik, 2017).

Aşılı fide kullanımında, anacın kuvvetli kök sistemi sayesinde, su ve bitki besin elementlerinin alımında aşısızlara göre daha etkili olduğu, tuzlu topraklarda bitki gelişimlerinin aşısız bitkilerden daha güçlü olduğu saptanmıştır. Bunun sonucunda ise anaçların gösterdikleri büyüme performansının ürün artışına ve hastalıkların kontrol edilmesinde pozitif bir etki sağladığı tespit edilmiştir (Göçmen vd., 2014). Ancak aşılı bitkilerin avantajları yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar içerisinde en önemli nedenler arasında alabilecek sorunlardan biri de anaç ve kalemin uyumunun zayıf olması veya hiç olmamasıdır (Aloni vd., 2010). Hıyarda yapılan birçok çalışmada daha çok melez anaç kombinasyonları kullanılmış, ancak hıyara anaç olabilecek kabak ve kavun anaçlarının bireysel olarak performansları yeteri kadar araştırılmamıştır. Bu çalışmada hıyara anaç olabilecek *Lagenaria siceraria*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata*, *Luffa cylindrica*, *Cucumis melo* var. *dudaim*, türlerinin hıyara anaç olabilme potansiyelleri ve hıyarın bitki büyümesi, verim ve kalitesi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda hıyarın aşılı ve aşısız performansları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 2017 yılında Ayer Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasında, tohum bölümüne ait Ar-Ge çalışmalarının yürütüldüğü iklim kontrollü plastik serada yürütülmüştür. Meyve kalitesi ile ilgili analizler Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Derim Sonrası Fizyolojisi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada aşılı uyumu yüksek Beith Alpha tipinde olan Bereket F1 (Multi Tohum) çeşidi kalem, anaç olarak da Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü sebze genetik kaynağına ait bazı *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moshata*, *Luffa cylindrica*, *Lagenaria siceraria* kabak türleri ve *Cucumis melo* var. *dudaim* kavun türü ile ticari anaç olarak TZ 148 F1 kullanılmıştır. Bereket F1 çeşidinin tohumları ve *Cucumis melo* var. *dudaim* anacı 15.02.2017 tarihinde, diğer kabak anaçlarının ekimi de 17.02.2017 tarihinde yapılmıştır. Aşılama işlemi yaklaşık tohum ekiminden 10 gün sonra yapılmıştır. Aşılama kakma (koltuk) aşılı yöntemi kullanılmıştır. Dikim tohum ekiminden 35 gün sonra hazır hale gelen aşılı fideler aşılı parselleri toprak yüzeyinde kalacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her

tekerrürde 8 bitki olacak şekilde 24 Mart 2017 tarihinde fideler sıra üzeri 50 cm, sıra arası 90 cm, dar sıra arası 30 cm mesafelerle dikimleri yapılmıştır. Araştırmada anaç çapı (mm); aşılı noktasının hemen altından, kalem çapı (mm); aşılı noktasının 10-15 cm üstünden ve üst gövde ise tepe noktasının 15 cm altından dijital kumpastla ölçümleri yapılmıştır. Bitki boyu (cm); bitki ölümlerinin başlamasıyla çelik şerit metre yardımıyla ölçülmüştür. Yaprak alanı (cm²); yaprağın en ve boyunun ölçümlerine dayanan eşitliğe göre büyüme ucundan itibaren 8. yaprak alınarak hesaplanmıştır (LA = 0.88 x L x W - 4.27). Toplam verim (kg/bitki); elde edilen tüm meyve ağırlıkları tekerrür başına ayrı ayrı toplanıp, parseldeki bitki sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Erken verim (kg/bitki); ilk üç hasattan elde edilen meyvelerin ağırlıkları toplamının bitki başına bölünerek ölçülmüştür. Her hasattan 10'ar meyve alınarak meyve uzunluğu (cm) meyve ucundan meyvenin sap başlangıcına kadar olan kısım cetvelle, meyve çapı (mm) ekvatorial bölgesinden dijital kumpasla, meyve ağırlığı (gr) terazi ile tartularak belirlenmiştir. SÇKM; dijital refraktometre (Atago Pocket PAL-1) ile ölçülmüş ve sonuçlar % (Brix°) olarak verilmiştir. Bitki başına meyve sayısı (adet), meyve eti sertliği (N) (Dilmaçunal vd., 2011), meyve rengi; Minolta CR-300 (MINOLTA Camera Co, LTD Ramsey, NJ) marka kromometre her tekerrürde 10 meyve örneğinin ekvatorial bölgesinden meyve örneğinin bütünü temsil edecek şekilde üç ayrı ölçüm yapılmıştır (Aktaş vd., 2012). Titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, 10 mL hıyar suyunun 0.1 N'lik sodyum hidroksit (NaOH) ile pH değeri 8.1 oluncaya kadar pH metrede (WTW- Inolab) titre edilmesi ile belirlenmiştir (Davras vd., 2019). Meyve suyundaki EC ve pH değerleri; cam elektrotlu (Senmatic) dijital pH –EC metre yardımı ile ölçülmüştür. Meyvelerin tat değerlendirmesi için ise 1-5 skalası (1: çok kötü; 2: kötü; 3: orta; 4: iyi; 5: çok iyi) kullanılmıştır (Altıkardes vd., 2018). Araştırmadan elde edilen veriler tesadüf parseli deneme desenine göre varyans analizi (One Way Anova) tekniği ile analiz edilmişlerdir. Anaç kombinasyonları arasındaki farklılıkların belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden TUKEY testi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmamızda, çiçek açma zamanı incelendiğinde ilk gözlemler fide dikiminden 15-20 gün sonra TZ 148 F1 ticari anaçına aşılı bitki ile Bereket F1/Bereket F1 aşılı kombinasyonunda erken çiçeklenme gözlemlenmiştir (Çizelge 1). Aşılı bitkilerde çiçek açma zamanları aşısızlara oranla daha erken olduğu, bazı anaçlarında daha geç çiçeklenmeyi teşvik ettiği görülmektedir. Kabakgillerde çiçeklenmenin anaç tarafından etkilenebildiği diğer bazı araştırmalar tarafından da bildirilmektedir (Traka-Mavrona vd., 2000). Bie vd. (2010)'da kavunda yaptıkları bir çalışmada aşılı bitkilerin erken çiçeklendiğini, Salam vd. (2002), karpuzda yaptıkları çalışmada ise kontrol grubu bitkilerin daha erken çiçeklendiğini bildirmişlerdir. Aynı koşullarda genotipler arasında çiçeklenme zamanlarında görülen bu farklılıkların aşılı ile bünyede bulunan hormonal değişimden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Davis vd., 2008).

Meyvede tat ve aroma bakımından kendi üzerine aşılana Bereket F1/Bereket F1 ve aşısız (kontrol) bitkisinin Bereket

F₁'in diğer aşılı bitkilerin meyvelerinin tat ve aromasından daha yüksek yada yakın değerlerde olduğu, en düşük ise Bereket/L. *siceraria* ve Bereket/L. *cylindrica* aşı kombinasyonlarında olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge

1). Tat ve aroma bakımından bu durumun, kabak anaçlarından gelen etkiden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Huang vd.,2016).

Çizelge 1. Hıyarda kullanılan anaçların ilk dişi çiçek açma süresi (gün) ile meyvede tat ve aromaya olan etkisi
Table 1. The effect of cucumber rootstocks on the first female flowering time (day), fruit taste and aroma

Kalem/Anaç	İlk dişi çiçek açma süresi (gün)	Meyvede tat ve aroma (1-5)*
Bereket/L. <i>Siceraria</i>	23	1
Bereket/L. <i>cylindrica</i>	21	1
Bereket/C. <i>moshata</i>	20	3
Bereket/C. <i>Maxima</i>	22	2
Bereket/C. <i>melo</i> var. <i>dudaim</i>	19	2
Bereket/TZ-148 F ₁	15	3
Bereket/Bereket	15	4
Bereket (Aşısız- Kontrol)	18	4

*1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi

Yapılan bu çalışmada bitki boyları bakımından TZ 148 anacı (404.7 cm) üzerine aşılı bitkiler en uzun, *Cucurbita moshata* (304.3 cm) ve *Luffa clindrica* (304.0 cm) anaçları üzerine aşılı bitkiler ise en kısa olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara benzer sonuçlar domatesde (Tüzel vd., 2009), karpuzda (Bekhradi vd., 2008) ve hıyarda yapılan araştırmalarda (Yarşi vd., 2008) belirlenmiştir. Bitki başına meyve sayısı özelliği bakımından en yüksek 45.54 adet ile aşısız Bereket F₁ (kontrol) bitkisinde, en az meyve sayısı ise 26.25 adet ile *Luffa clindrica* anacı üzerine aşılı bitkilerden elde edilmiştir (Çizelge 2). Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda aşılamanın meyve sayısını arttırdığını (Güngör ve Balkaya, 2016; Karabulut vd., 2018), bazı çalışmalarda ise kullanılan anaça bağlı olarak bu sayının değişim gösterebileceğini belirtmişlerdir (Yetişir vd., 2003; Karaağaç, 2013). Yapılan çalışmalara bakıldığında meyve sayısındaki farklılığın, kullanılan anaç ve anaç-kalem uyumunun etki olabileceği yönünde olmasındır.

Erkenci verim özelliği bakımından 0.597 ve 0.572 kg ile TZ-148 ve Bereket F₁/Bereket F₁ en yüksek erkenci verime, en düşük ise 0.124 ve 0.227 kg ile *Luffa cylindrica* ve *Cucurbita moshata* anaçlarından elde edilmiştir (Çizelge

2). Patlıcanda (Yarşi ve Rad, 2004), kavunda (Jebari vd., 2008) yaptıkları çalışmada aşılamanın toplam ve erkenci verimi olumlu yönde etkilediği aşısızlara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bitki başına toplam verim de sırasıyla aşısız Bereket F₁ (4.72 kg), Bereket F₁/Bereket F₁ (4.53 kg) ve TZ 148 F₁ anacı (4.48 kg) üzerine aşılı bitkilerde en yüksek toplam verim, *Luffa clindrica* (2.96 kg) ve *Cucurbita moshata* (2.36 kg) anacı üzerine aşılı bitkilerde ise en düşük verim elde edilmiştir (Çizelge 2). Yaptığımız bu çalışmada her ne kadar kontrol grubu bitkilerin yanında aşılı bitkilerden de yüksek verim elde edilmiş olsa da, biberde (Oka vd., 2004), domateste (Marsic ve Osvold, 2004; Aydın, 2006) yapılan çalışmalarda aşılı bitkilerle aşısız (kontrol) bitkilerin arasında verim bakımından önemli bir farkın olmadığı bildirilmektedir. Biberde yapılan bir çalışmada aşılamanın verimi arttırdığı (Tuğ, 2011), domateste yapılan bir çalışmada ise aşısızların daha yüksek verime sahip olduğunu bildirmişlerdir (Gajc-Wolska vd., 2010). Bazı çalışmalarda ise toplam verimin kullanılan anaç, yetiştirme sezonu ve anaçların genotiplerine göre değişiklik gösterdiği, toplam veriminde bu yönde artış gösterdiğini belirtmişlerdir (Vuruşkan, 1989; Chouka ve Jebari, 1999).

Çizelge 2. Hıyarda kullanılan farklı anaçların erkenci verim, toplam verim, bitki boyu ve meyve sayısına etkisi
Table 2. The effect of different rootstocks used in cucumber on early yield, total yield, plant height and number of fruits

Kalem/Anaç	Erkenci verim (kg/bitki)	Toplam verim (kg/bitki)	Bitki boyu (cm)	Meyve sayısı (adet/bitki)
Bereket /L. <i>Siceraria</i>	0.469 ab*	3.28 bc*	347.7 ab*	32.08 bcd*
Bereket/L. <i>cylindrica</i>	0.124 c	2.96 c	304.0 b	26.25 d
Bereket/C. <i>moshata</i>	0.227 bc	2.36 c	304.3 b	30.04 cd
Bereket/C. <i>maxima</i>	0.287 bc	3.33 c	341.7 ab	34.00 abcd
Bereket/C. <i>melo</i> var. <i>dudaim</i>	0.415 ab	4.06 ab	381.7 ab	38.21 abcd
Bereket /TZ-148 F ₁	0.597 a	4.48 a	404.7 a	33.90 ab
Bereket/Bereket	0.572 a	4.53 a	404.0 ab	43.00 abc
Bereket (Aşısız- Kontrol)	0.405 ab	4.72 a	397.3 ab	45.54 a

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (P≤0.05).

Yaprak alanı, yaprak boyu ve eni, anaç çapı, kalem çapı, kalem üst gövde çapı, meyve çapı ve meyve boyu, meyve ağırlığı, meyve eti sertliği, meyvede EC, pH, TA ve meyve rengi bakımından yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar istatistik olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3,

4 ve 5). Yapılan bazı çalışmalarda aşılamanın yaprak alanını arttırdığı (Kurum vd., 2010), bazı çalışmalarda ise yaprak alanı bakımından aşılı ve aşısızlar arasında farklılık olmadığı yönündedir (Cansev ve Özgür, 2010). Kavunda (Braz vd., 2008) yapılan çalışmada ise aşılama ile anaç

çapında değişimler meydana getirmiştir. Yarşi vd. (2008), hıyarda yaptıkları çalışmada aşılamanın meyve çapı ve meyve uzunluğu üzerine etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 3). Kurum (2010)'da yaptığı çalışmada meyve çaplarını kullandığı anacın etkilediğini, Söylemez (2014), domateste yaptığı bir çalışmada ise aşılamanın meyve özellikleri üzerine etkisinin önemli olmadığını saptamıştır. Biberde Doñas –Uclés vd. (2014) aşılamanın meyve ağırlığını arttırdığı, patlıcanda (Yarşi ve

Rad, 2004) aşılamanın meyve ağırlığını etkilemediğini bildirmişlerdir. Kurum, (2010) aşılı hıyarda, Yarşi, (2003) aşılı kavunda yaptıkları çalışmalarda aşılamanın meyve eti sertliğinde artış sağladığını, domateste yapılan başka bir çalışmada ise etkilemediği yönündedir (Quaryouti vd., 2007). Kurum (2010), hıyarda yaptığı çalışmada anaç kullanımının meyve rengine etki ettiğini, Öztekin vd. (2013) ise meyve renginin anaçlardan çok yetiştirme dönemine göre farklılık gösterebileceği belirtmiştir.

Çizelge 3. Hıyarda kullanılan farklı anaçların yaprak boyu, yaprak eni, yaprak alanı (LA) meyve çapı ve meyve boyuna etkisi

Table 3. Leaf length of different rootstocks used in cucumber, leaf width, leaf area (LA), fruit diameter and fruit longitudinal effect

Kalem/Anaç	Yaprak boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	LA (cm ²)	Meyve çapı (mm)	Meyve boyu (cm)
Bereket/L. <i>Siceraria</i>	15.33 ^{öd}	18.87 ^{öd}	253.2 ^{öd}	2.83 ^{öd}	17.03 ^{öd}
Bereket/L. <i>cylindrica</i>	17.70	21.43	331.4	3.67	17.03
Bereket/C. <i>moshata</i>	19.20	23.23	388.5	3.70	17.00
Bereket/C. <i>maxima</i>	18.36	21.53	345.0	3.33	16.87
Bereket/C. <i>melo</i> var. <i>dudaim</i>	17.27	20.80	316.2	4.27	16.99
Bereket/TZ-148 F ₁	16.40	20.16	287.5	3.93	16.81
Bereket/Bereket	17.00	19.03	279.8	2.77	16.96
Bereket (Aşısız- Kontrol)	16.80	19.90	290.5	4.23	16.80

*öd: istatistiksel olarak önemli değildir (P>0.05).

Çizelge 4. Hıyarda kullanılan farklı anaçların anaç çapı, kalem çapı, kalem üst gövde çapı, meyve ağırlığı ve meyve eti sertliğine etkisi

Table 4. The effect of different rootstocks used in cucumber rootstock diameter, pen diameter, upper body diameter, fruit weight and fruit flesh firmness

Kalem/Anaç	Anaç çapı (mm)	¹ Kalem çapı (mm)	² Kalem üst gövde çapı (mm)	Meyve ağırlığı (gr/adet)	Meyve eti sertliği (N)
Bereket/L. <i>siceraria</i>	9.99 ^{öd}	10.50 ^{öd}	7.31 ^{öd}	90.67 ^{öd}	28.49 ^{öd*}
Bereket/L. <i>cylindrica</i>	10.61	9.75	6.84	97.67	28.90
Bereket/C. <i>moshata</i>	10.02	10.06	7.48	90.00	26.30
Bereket/C. <i>maxima</i>	10.81	9.93	7.24	93.33	28.36
Bereket/C. <i>melo</i> var. <i>dudaim</i>	10.64	9.94	7.45	100.00	27.52
Bereket/TZ-148 F ₁	10.67	10.07	7.67	91.67	27.52
Bereket/Bereket	10.62	9.94	7.49	100.00	27.04
Bereket (Aşısız- Kontrol)	10.61	9.95	7.48	99.33	27.47

*öd: istatistiksel olarak önemli değildir (P>0.05). (1:kalem çapı; aşı noktasının 10-15 cm üzerinden, 2:kalem üst gövde çapı; tepe noktasının 15 cm altından ölçülmüştür.)

Çizelge 5. Hıyarda kullanılan farklı anaçların meyve rengi, EC, pH, suda çözülen kuru madde (SÇKM) ve titredilebilir asitlik (TA) üzerine etkisi

Table 5. The effect of different rootstocks used on cucumber on fruit color, EC, pH, fruit soluble dry material, and TA

Kalem/Anaç	L	a	b	EC (ds/m)	pH	SÇKM (%)	TA (%)
Bereket/L. <i>Siceraria</i>	24.8 ^{öd*}	18.36 ^{öd*}	53.12 ^{öd*}	6.1 ^{öd}	5.5 ^{öd}	4.1 ^{öd}	2.26 ^{öd}
Bereket/L. <i>cylindrica</i>	35.04	18.63	53.34	6.0	5.5	3.8	1.92
Bereket/C. <i>moshata</i>	33.09	17.09	51.72	6.3	5.5	4.4	2.08
Bereket/C. <i>maxima</i>	34.32	18.13	51.72	6.0	5.6	4.0	2.04
Bereket/C. <i>melo</i> var. <i>dudaim</i>	33.85	16.90	52.82	5.7	5.7	4.2	2.02
Bereket/TZ-148 F ₁	34.08	17.34	52.10	6.0	5.6	4.0	2.18
Bereket/Bereket	33.85	16.47	53.74	6.3	5.7	4.0	2.13
Bereket (Aşısız- Kontrol)	33.85	16.55	52.80	6.2	5.6	4.2	2.60

*öd: istatistiksel olarak önemli değildir (P>0.05).

Hıyarda kullanılan farklı anaçların meyve suyu EC ve pH değerleri üzerine etkileri istatistik olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Çalışmada farklı kalem/anaç kombinasyonları incelendiğinde, EC değerleri 5.7 ds/m (Bereket/*C.melo* var.*dudaim*) ile 6.3 ds/m (Bereket/*C.moshata* - Bereket/Bereket) arasında değişmiştir. pH değerleri incelendiğinde ise en yüksek pH değeri (5.7) Bereket/*C.melo* var.*dudaim* ve Bereket/Bereket kombinasyonlarından elde edilirken en düşük pH değeri (5.5) ise Bereket/*L. siceraria*, Bereket/*L. cylindrica* ve Bereket/*C. moshata* kombinasyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 5). Çalışmamızla benzer şekilde, Geboloğlu vd. (2011), 8 anaç ve iki domates çeşidi kullanarak yaptıkları çalışmada ve Khah (2011), ise patlıcanada anaç kullanımının meyve suyu pH ve EC değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğunu rapor etmişlerdir.

4. Sonuç

Günümüzde başarılı bir sebze yetiştiriciliğinde, uygun çeşit seçimi ve kaliteli fide kullanımı büyük bir önem taşımaktadır. Değişen iklim ve çevre koşulları toprak kökenli hastalıkların artması ve bunun yanında dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi zor ve uzun zaman gerektirmektedir. Son yıllarda aşılı fideye olan talep artış göstermektedir. Buna da neden olarak, çeşitlerde abiyotik ve biyotik stres koşullarına dayanım bitki gelişim gücü, verim, meyve kalitesi gibi özelliklerin aranmasıdır. Ülkemizde aşılı fide üretimi özellikle karpuz ve domates bitkilerinde yapılırken, kavun ve hıyar bitkilerinde aşılı fide kullanımı daha azdır. Bunun nedenleri arasında aşı kalem uyumsuzluğu ve kalite sorunları yer almaktadır. Aşı kullanılmadan yapılan yetiştiricilikte ise hem toprak kökenli hastalıklar hem de yetiştiricilikte vejetasyon süresinin kısa olması ve erken yaşlanmasından kaynaklı kalite sorunları yaşanmaktadır. Ayrıca erkencilik hıyar yetiştiriciliğinde diğer bir önemli kriterdir. Bu araştırmanın sonucunda, kullanılan anaç adaylarının hedefe uygun olarak seçilmesi durumunda yeni melez anaç kombinasyonlarının oluşturulmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Tek bir tür yerine türler arası melezleme yapılarak oluşturulacak anaçların daha etkin sonuçlar verebileceği kanısına varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma Hanife Sultan Üre tarafından hazırlanan “Farklı Anaçlar Üzerine Aşılamanın Hıyarda Bitki Büyümesi, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri” isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

6. Kaynaklar

Ağaoğlu, Y., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, İ., Yanmaz, R. (1995). Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, 4.

Ahn, S.J., Im, Y.J., Chung, G.C., Cho, B.H., Suh, S.R. (1999). Physiological Responses of Grafted Cucumber Leaves and Rootstock Roots Affected by Low Root Temperature. *Scientia Horticulturae*, 81, 397-408.

Aktas, H., Bayındır, D., Dilmaçınal, T., Koyuncu, M.A. (2012). The Effects of Minerals, Ascorbic Acid, and Salicylic Acid on the Bunch Quality of Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) at High and Low Temperatures. *HortScience*, 47(10), 1478-1483.

Aloni, B., Cohen, R., Karni, L., Aktas, H., Edelstein, M. (2010). Hormonal Signaling In Rootstock-Scion Interactions. *Scientia Horticulturae*, 127, 119-126.

Altıkardaş, E., Koyuncu, M.A., Erbaş, D. (2018). Hıyarda Salisilik Asit Uygulaması ile Depolama Süresinin Uzatılması ve Kalite Kayıplarının Azaltılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(2), 143-150.

Aydın, Ö. (2006). Biberde Farklı Aşılama Yöntemleri ve Anaçların Büyüme ve Gelişme Üzerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Bie, Z.L., Han, X.Y., Zhu, J., Tang, M., Huang, Y. (2010). Effect of Nine Squash Rootstocks on the Plant Growth and Fruit Quality of Melon. *Acta Horticulturae*, 856, 77-81.

Bekhradi, F., Kashi, A.K., Delshad, M. (2008). Effect of Different Cucurbits Rootstocks on Vegetative and Yield of Watermelon. *Acta Horticulturae*, 807, 649-653.

Braz, L.T., Ito, L.A., Charlo, H.C.O., Castoldi, R. (2008). Proceedings of the International Symposium on Seed Enhancement and Seedling Production Technology. *Acta Horticulturae*, 771, 175-180.

Cansev, A. ve Özgür, M. (2010). Grafting cucumber Seed-Lings on Cucurbitspp. Comparison of Different Grafting Methods, Scions and Their Performance. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 8(3-4), 804-809.

Chouka, A.S. and Jebari, H. (1999). Effect of Grafting on Watermelon Vegetative and Root Development, Production and Fruit Quality. *Acta Horticulturae*, 492, 85-93.

Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., L'opez-Galarza, S., Maroto, J.V., Lee, S.G., Huh, Y.C., Sun, Z., Miguel, A., King, S.K., Cohen, R., Lee, J.M. (2008). Cucurbit Grafting. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27, 50-74.

Davras, İ., Koyuncu, M.A., Erbaş, D. 2019. Domateste Salisilik Asit Uygulamasıyla Soğukta Depolama Süresince Kalite Kayıplarının Azaltılması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 176-186.

Dilmaçınal, T., Koyuncu, M. A., Aktaş, H., Bayındır, D. (2011). The Effects of Several Postharvest Treatments on Shelf Life Quality of Bunch Tomatoes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(2), 209-213.

Doñas -Uclés F., Jiménez-Luna M., Góngora-Corral JA., Pérez-Madrid D., Verde-Fernández D., Camacho-Ferre F. (2014). Influence of Three Rootstock on Yield and Commercial Quality of Italian Sweet Pepper. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(6), 538-545.

FAO, (2017). Food and Agriculture Organization of United Nations. <http://www.fao.org> (Son erişim tarihi:14.03.2019)

Fidebirlik, (2017). Fide Üreticileri Alt Birliği. <http://www.fidebirlik.org.tr> (Son erişim tarihi:14.03.2019)

Gajc-Wolska, J., Lyszkowska, M., Zielony, T. (2010). The Influence of Grafting and Biostimulators on the Yield and Fruit Quality of Greenhouse Tomato cv. (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Grown in the Field. *Vegetables Crops Research Bulletin*, 72(1), 63-70.

Geboloğlu, N., Yılmaz, E., Çakmak, P., Aydın, M., Kasap, Y. (2011). Determining of the Yield Quality and Nutrient Content of Tomatoes Grafted on Different Rootstocks in Soilless Culture. *Scientific Research and Essays*, 6(10), 2147-2153.

Göçmen, M., Balkaya, A., Kurtar, E.S., Şimşek, İ., Karaağaç, O. (2014). Kabak (Cucurbitaspp.) Genetik Kaynaklarının Hıyar (Cucumis sativus L.) Anaç Islah Programında Değerlendirilmesi ve Yerli Hibrit Anaçların Geliştirilmesi. *TUBITAK-TEYDEB, Proje Sonuç Raporu* (311O194), 140s.

Güngör, B. ve Balkaya, A. (2016). Yerli Kabak Anaç Adaylarının Aşılı Mini Karpuzun Vejetatif Büyümesi Üzerine Kantitatif Etkilerinin İncelenmesi. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bahçe Dergisi, Özel sayı, 2, 21-26.

Huang, Y., Zhao, L., Kong, Q., Cheng, F., Niu, M., Xie, J., Nawaz, A.M., Bie, Z. (2016). Comprehensive mineral nutrition analysis of wotwrmwlon grafted onto two different rootstocks. *Horticultural Plant Journal*, 2(2): 105-113

Jebari, H., Abdallah, H.B., Zouba, A. (2008). Management of Monosporascus cannonballus Wilt of Muskmelons by Grafting Under Geothermally Heated Greenhouses in the South of Tunisia. *Acta Horticulturae*, 807, 661-666.

Kaloo, G., (1993). Genetic Improvement of Vegetable Crops. B. P. C. C wheatons Ltd, Exeter, 5, 234.

Karabulut, A., Aktaş, H., Şan, B. (2018). Sera Kavun Yetiştiriciliğinde Aşılı Fide Kullanımının Verim ve Kaliteye Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1223-1231.

- Karaağaç, O., (2013). Karadeniz Bölgesinden Toplanan Kestane Kabağı ve Bal Kabağı Genotiplerinin Karpuza Anaçlık Potansiyellerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Khah, E.M., (2011). Effect of Grafting on Growth, Performance and Yield of Aubergine (*Solanum melongena* L.) in Greenhouse and Open-field. *International Journal of Plant Production*, 5(4), 359-366.
- Kurum, R., (2010). Hıyar (*Cucumis Sativus* L.) Yetiştiriciliğinde Farklı Anaç/Çeşit Kombinasyonlarının Bitki Gelişimi, Verim ve Bitki Besin Elementleri Kapsamları Üzerine Etkilerinin Araştırılması. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Leonardi, C. and Romano, D. (2004). Recent Issues on Vegetable Grafting. *Acta Horticulturae*, 631, 163-174.
- Oka, Y., Offenbach, R., Pivonia, S. (2004). Pepper Rootstock Graft Compatibility and Response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Journal of Nematology*, 36(2), 137-141.
- Marsic, N.K. and Osvald, J. (2004). The Influence of Grafting on Yield of two Tomato Cultivars (*Lycopersicon esculentum* mill.) Grown in Plastic House. *Acta Agriculturae Slovenica*, 83(2), 243-249.
- Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Tüzel, I.H. (2013). Does Mycorrhiza Improve Salinity Tolerance in Grafted Plants. *Scientia Horticulturae*, 149, 55-60.
- Penella, C., Nebauer, S.G., Quinones, A., Bautista, A.S., Lopez-Galarza, S., Calatayud, A. (2015). Some Rootstocks Improve Pepper Tolerance to Mild Salinity Through Ionic Regulation. *Plant Science*, 230, 12-22.
- Qaryouti, M.M., Qawasmi, W., Hamdan H., Edwan M. (2007). Tomato Fruit Yield and Quality As Affected by Grafting and Growing System. *Acta Horticulturae*, 741, 199-206.
- Salam, M.A., Masum, A.S.M.H., Chowdhury, S.S., Dhar, M., Saddeque, M.A., Islam, M.R. (2002). Growth and Yield of Watermelon as Influenced by Grafting. *Online Journal of Biological Sciences*, 2(5), 298-299.
- Söylemez, S. (2014). Topraksız Yetiştirilen Aşılı Domateslerde Besin Kaynaklı Tuzluluk Seviyelerinin (EC) ve Anaçların Bitki Büyümesi, Verim ve Bazı Meyve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. (Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Suchoff, D., Gunter, C., Schulthesis, J., Louws, F.J. (2015). On Farm Grafted Tomato Trial to Manage Bacterial wilt. *Acta Horticulturae*, 1086, 119-127.
- Traka-Mavrona, E., Koutsika-Sotiriou, M., Pritsa, T. (2000). Response of Squash (*Cucurbita* spp.) as Rootstock for Melon (*Cucumis melo* L.). *Scientia Horticulturae*, 83, 353-362.
- Tuğ, S. (2011). Biberde (*Capsicum annum* L.) Aşılı Bitki Üretim ve Yetiştirme Çalışmaları. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- TÜİK, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. (Son erişim tarihi: 15.03.2019)
- Tüzel, Y., Duyar, H., Öztekin, G.B., Gül, A. (2009). Domates Anaçlarının Farklı Dikim Tarihlerinde Bitki Gelişimi, Sıcaklık Toplam İsteği, Verim ve Kaliteye Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 79-92.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Yayını*, Ege Üniversitesi Basımevi, 440s. İzmir.
- Vuruşkan, M.A. (1989). Farklı Aşılı Yöntemlerinin Patlıcan / Domates Aşılı Kombinasyonunda Başarı ve Verim Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yang, Y., Wang, L., Tian, J., Li, J., Sun, J., He, L., Guo, S., Tezuka, T. (2012). Proteomic Study Participating the Enhancement of Growth and Salt Tolerance of Bottle Gourd Rootstock Grafted Watermelon Seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 58, 54-65.
- Yarşi, G., (2003). Sera Kavun Yetiştiriciliğinde Aşılı Fide Kullanımının Verim, Meyve Kalitesi ve Bitki Besin Maddeleri Alımı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yarşi, G. and Rad, S. (2004). Cam Serada Aşılı Fide Kullanımının Faselis F1 Patlıcan Çeşidinde Verim, Meyve Kalitesi ve Bitki Büyümesine Etkisi. *Alatırım*, 3(1), 16-22.
- Yarşi, G., Rad, S., Çelik, Y. (2008). Farklı Anaçların Kybele F1 Hıyar Çeşidinde Verim, Kalite ve Bitki Gelişimine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 27-34.
- Yelboğa, K. (2014). Tarımın Büyüyen Gücü. *Bahçe Haber*, 3(2), 13-16.
- Yetiştir, H., Sarı, N., Yücel, S. (2003). Rootstock Resistance to Fusarium Wilt and Effect on Watermelon Fruit Yield and Quality. *Phytoparasitica*, 31(2), 163-169.



Vermikompostun Domateste Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri

Şefika TEKE¹, Ali COŞKAN², Hakan AKTAŞ^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü – Isparta-Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu Yazar: hakanaktas@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 18.11.2019

Kabul tarihi: 31.12.2019

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, Verim Ve Kalite, Domates, Solanum Lycopersicum

ÖZET

Bu çalışmada, vermikompost uygulamalarının domateste verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Vermikompost uygulamaları 5 farklı dozda 0, 40, 80, 120 ve 160 g/bitki olacak şekilde belirlenmiştir. Bitkisel materyal olarak örtüaltı yetiştiriciliğine uygun tane tipteki Ranger F₁ domates çeşidi kullanılmıştır. Vermikompost olarak SuperSol adındaki ticari ürün kullanılmıştır. Araştırmada; ortalama meyve ağırlığı, toplam verim, meyvede renk, sertlik, suda çözünebilir kuru madde içeriği, titre edilebilir asitlik gibi kalite parametrelerinin yanında yaprak ve meyvedeki makro ve mikro besin elementleri içerikleri incelenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek verim ve ortalama meyve ağırlığı 160 g/bitki vermikompost uygulanan gruptan elde edilmiştir.

The Effects of Vermicompost on Yield and Quality Parameters in Tomato

ARTICLE INFO

Received: 18.11.2019

Accepted: 31.12.2019

Keywords: Vermicompost, Yield And Quality, Tomatoes, Solanum Lycopersicum

ABSTRACT

In this study, the effects of vermicompost applications on yield and fruit quality in tomatoes were investigated. Vermicompost applications were determined to be 0, 40, 80, 120 and 160 g / plant in 5 different doses. Ranger F₁ tomato varieties suitable for protected cultivation were used as plant material. The commercial product SuperSol was used as vermicompost. In the study; average fruit weight, total yield, fruit color, fruit firmness, water soluble dry matter content, titratable acidity such as quality parameters beside macro and micro nutrient contents of leaves and fruits were examined. According to the results of the analysis, the highest yield and average fruit weight were obtained from 160 g/plant vermicompost applied group.

1. Giriş

Domates (*Solanum lycopersicum*) dünya’da en fazla üretimi yapılan bir sebze türüdür. Domates, yüksek oranda içerdiği antioksidan bileşikler, vitaminler ve mineraller sebebi ile insan sağlığı açısından da oldukça yararlı bir sebzedir. Bu sebeple pek çok ülkede temel besin maddelerinin başında gelmektedir. Dünya yıllık domates üretimi 163.4 milyon ton olup, Türkiye domates üretiminde Çin ve Hindistan’dan sonra 3. sırada yer alarak 12.8 milyon tonluk üretimiyle toplam dünya domates üretiminin %7’sini karşılamaktadır (FAO, 2019).

Artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılamak amacıyla ihtiyaç duyulan bitkisel üretimin geliştirilmesi ve çoğaltılması amacıyla 20. yüzyılın başlarından beri yoğun olarak kullanılan yapay gübreler, hormonlar ve zirai ilaçlar; toprak, su, hava gibi çevresel etmenler üzerine oldukça olumsuz etkide bulunarak gıda zincirini olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle daha çok çevreye dost, doğada kendini yenileme fırsatı bulabilecek biyo-gübre ve biyo-pestisit ürün kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır (Zengin, 2007).

Solucan gübresi diğer bir adıyla vermikompost ise organik materyallerin solucanlar yardımı ile humus benzeri materyallere dönüştürülmesi ile elde edilen bir

materyaldir. Bu materyal ince yapılı, gözenekli, havalanması iyi, su tutma oranı fazla olan ve mikrobiyal aktiviteye sahip bir yapıda olup, bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementi alımlarını kolaylaştırmaktadır (Peyvast vd., 2007).

Solucan gübresinin organik materyal olması avantajıyla, doğal dengesi ve toprak yapısını bozmadan, kalıntı riski oluşturmayan kullanılan diğer sentetik gübrelerle göre kullanımının daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Kimyasal gübre ve pestisitlerin yerini alabilecek, toprağın organik madde içeriğini arttırmaya yönelik aerobik kompost ürünleri yüzyıllar boyunca tarımda kullanılmaktadır. Bu ürünlerin bitki beslemesinin yanında özellikle toprak kökenli patojenleri baskılama etkileri olduğuna yönelik araştırmalar mevcuttur (Hoitink vd., 1975; Hadar, 1991).

Vermikompost üretiminde, substratın solucan sindirim sisteminden geçmesi esnasında materyale enzim ve amino asitler dahil olmakta (Coşkan ve Yılmaz, 2015), bu yönüyle vermikompost bakteriyel komposttan daha etkili biri ürün olmaktadır. Kimi araştırmacılar vermikompostun organik gübre olarak inorganik gübrelerle umut verici bir alternatif olarak görmektedirler (Lazcano ve Dominguez, 2011).

Ayrıca, vermicompost uygulamalarının toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu etkilediğini ve bu sebeple de kaliteli aynı zamanda yüksek verimli bitkiler yetiştirilebileceğini de bildirmektedirler (Alam vd., 2007; Ali vd., 2007; Singh vd., 2008; Rangarajan vd., 2008).

Bu çalışmada son yıllarda uygulaması yaygınlaşan vermicompostun bazı dozlarının dünyada en çok tüketilen ve beslenmede önemli bir yeri olan domates bitkisinin verim, meyve kalite parametreleri ve bitki besin elementi içerikleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bitkisel materyal olarak, sırk Ranger F₁ domates çeşidi kullanılmıştır. Fideler, Ayer Fide A.Ş (Antalya) tesislerinde modern fide yetiştirilme tekniklerine göre 216'lık fide tepsileri içerisinde yetiştirilmiştir. 4-5 gerçek yapraklı aşamadaki fideler tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde, sıra arası ve üzeri 150x40 cm olacak şekilde tahtalar üzerine dikilmiştir. Denemede kullanılan vermicompost; %40 organik madde, %12.1 organik karbon, %25.7 humik+fulvik asit, %0.5 P₂O₅ ve %0.4 K₂O bulunan SuperSol markadan temin edilmiş olup, granül formu kullanılmıştır. Vermicompost dozları 0, 40, 80 ve 160 g/bitki olacak şekilde dikim ile birlikte bir kez toprağa karıştırılarak uygulanmıştır. Araştırma üst ve yan havalandırmalı örtü malzemesi cam olan bir serada kurulmuş ve deneme süresince, sera içi sıcaklık gündüz 10-

30 °C, gece 3-15 °C, nem ise %65-70 arasında değişim göstermiştir. Meyve tutumu için dekara 1 kovan olacak şekilde *Bombus terrestris* arıları kullanılmıştır. Sulama sıklığı, sıcaklık ve toprak şartlarına göre, 3 günde 1 kez 45 ile 60 dakika damlatıcı özelliği 4 L/h olan damlama sulama sistemiyle gerçekleştirilmiştir (Erdal vd., 2006; Senyigit vd., 2011). Fertigasyonda ise Daşgan vd. (2009)'nin domates için belirledikleri formülasyondan yararlanılmıştır. Domates bitkileri 6. salkıma kadar yetiştirilmiştir. Yetiştiricilik esnasında bitkilerde yaprak budaması, koltuk alma, uç alma gibi, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi tüm kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada verim (ortalama meyve ağırlığı, toplam verim) ve meyve rengi (Aktas vd., 2012; Erbaş ve Koyuncu, 2016), meyve sertliği (Davras vd., 2019), suda çözünebilir kuru madde içeriği, pH ve titre edilebilir asitlik miktarı (Dilmaçunal vd., 2011), ayrıca meyve ve yapraklardaki makro (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum) ve bazı mikro (demir, mangan, bakır, çinko) besin elementi içerikleri belirlenmiştir (Kacar, 2016).

3. Bulgular ve Tartışma

Vermicompost uygulamalarının ortalama meyve ağırlığı ve toplam verim üzerine etkileri varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek meyve ağırlığı ve toplam verim değerlerine 160 g/bitki vermicompost uygulama dozunda ulaşılmıştır.

Çizelge 1. Vermicompost uygulamalarının domateste meyve sertliği, suda çözünen kuru madde (SÇKM), meyvede renk, titre edilebilir asitlik (TEA), ortalama meyve ağırlığı ve toplam verim üzerine etkisi

Table 1. Effect of vermicompost applications on tomato firmness, water soluble dry matter, fruit coloring, titratable acidity, fruit weight, and total yield

Vermikompost Dozları (g/bitki)	Meyve						Toplam Verim (kg/bitki)
	Sertliği (N)	SÇKM (%)	Renk h ^o	TEA (%)	Ort.Ağırlığı (g)	pH	
0	20.04	5.38	47.7	0.721	4.06	100.24 c	6.14 c
40	28.97	5.56	49.7	0.745	4.08	114.4 bc	6.86 bc
80	23.67	5.46	49.6	0.731	4.14	115.6 bc	6.94 bc
120	26.32	5.64	48.6	0.819	4.07	123.2 ab	7.39 ab
160	27.36	5.46	51.0	0.770	4.10	137.01 a	8.22 a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık %5 hata seviyesinde önemlidir (p<0.05).

Vermicompost uygulamalarının meyve kalite parametrelerini iyileştirdiği (Maltaş vd., 2017), domatesin tam olum aşamasındaki sertliğinin, genetik bir özellik olmasına rağmen, yetiştirme koşullarına göre değişim gösterebildiği (Viskalis vd., 2008) farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Bizim yapmış olduğumuz araştırmada ise meyve sertliği her ne kadar istatistiki olarak önemsiz çıksa da vermicompost uygulamaları ile meyve sertliğinde bir artış olabileceği belirlenmiştir. Bu sonuçlar daha önce yapılan araştırma sonuçları ile uyum içindedir. Meyve kalitesini etkileyen diğer parametrelerden SÇKM, meyvede kırmızı renk, pH ve titre edilebilir asitlik (TEA) gibi faktörler ise bu araştırma sonuçlarına göre vermicompost uygulamalarından fazla etkilenmemiştir (Çizelge 1). Tavalı vd. (2013), tarafından karnabaharda

yapılan benzer bir çalışmada da SÇKM değeri için benzer sonuçlara rastlanmış ve istatistiksel olarak farklılıklar bulunmamıştır. Yapılan bu araştırma bizim çalışmamızı destekler niteliktedir. Ancak domates yetiştiriciliğinde koyun gübresine ilave vermicompost uygulamasının yapıldığı bir çalışmada suda çözünebilir kuru madde içeriğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Gutiérrez-Miceli vd., 2007). Vermicompost uygulamalarının ıspanakta (Çıtak vd., 2011) ve karpuzda (Ak Göksu ve Öztokat Kuzucu, 2017) titre edilebilir asitliği ve pH'yı değiştirmediği bazı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Bu sonuçlar da bizim bulmuş olduğumuz sonuçlarla uyum içindedir (Çizelge 1).

Özellikle domateste, tam olum aşamasındaki meyve renk değeri önemli olup, hue (h°) değeri ile gösterilmektedir. Bu değerin düşmesi daha koyu kırmızı renklenmeyi ifade ederken, azalması ise daha açık bir kırmızılığı ifade etmektedir. Bizim araştırma sonuçlarına göre vermikompost uygulanmalarının h° değerinin artmasına neden olduğu, ancak istatistiki olarak bir fark olmadığı yönündedir (Çizelge 1). Benzer bir çalışma karpuz bitkisinde yapılmış olup, vermikompostun meyve renginde önemli bir değişime neden olmadığı yönündedir (Ak Göksu ve Öztokat Kuzucu, 2017). Ancak marulda yapılan başka bir çalışmada ise vermikompost uygulamasının diğer organik gübrelere göre renk değerini arttırdığı saptanmıştır (Üçok vd., 2019).

Verim üretimin en önemli parametresi olup, meyve ağırlığı ile de yakından ilişkilidir. Vermikompostun karpuzda (Ak Göksu ve Öztokat Kuzucu, 2017), çilekte (Singh vd. 2008), ıspanakta (Özkan vd. 2016), patateste (Alam vd., 2007), lahanada (Tavali vd. 2014), karnabaharda (Jahan vd. 2014) verimi artırdığı, ayrıca domateste yapılan başka bir çalışmada is vermikompostun hem ortalama meyve ağırlığını hem de verimi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Najar ve Khan 2013). Yaptığımız bu araştırma sonuçlarına göre meyve ağırlığı ve verim vermikompost uygulamalarından istatistiki olarak önemli

düzeyde etkilenmiştir (Çizelge 1). En fazla etki ise 160 g/bitki uygulaması ile sağlanmıştır. Vermikompost uygulamasının verimi artırdığı (Singh vd., 2008; Çıtak vd., 2011; Küçükyumuk vd., 2014; Özkan vd., 2016; Karademir, 2019; Kuş, 2019), kök ve sürgün uzunlukları gibi vejetatif gelişme parametrelerini belirgin biçimde teşvik ettiği bildirilmektedir (Açıkbaş, 2016). Vermikompostun toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirdiği bildirilmektedir (Azarmi vd., 2008; Manivannan vd., 2009), ayrıca, hastalık ve zararlıların olumsuz etkilerini azaltmada yardımcı olabileceği rapor edilmiştir (Singh vd., 2008; Tutar, 2012). Bu araştırmadan elde etmiş olduğumuz verim ile ilgili sonuçlarımız literatürle uyum içerisinde.

Vermikompostun besin elementi alımını artırdığı (Adak, 2016; Büyükfiliz, 2016; Maltaş vd., 2017; Karademir, 2019) birçok araştırma ile ortaya konulmuştur. Bu araştırmada ise

Çizelge 2 ve 3 incelendiğinde vermikompost uygulamalarının hem yaprakta hem de meyvede; azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriğine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmektedir (p>0.05).

Çizelge 2. Vermikompost uygulamalarının domates yapraklarında ve meyvelerindeki azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içeriklerine etkileri (%)

Table 2. The effect of vermicompost applications on total nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and calcium (Ca) contents in tomatoes leaves and fruits (%)

Vermikompost Dozları (g/bitki)	%							
	N		P		K		Ca	
	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve
0	4.18	1.95	0.11	0.38	2.12	4.88	4.81	0.60
40	4.33	2.17	0.10	0.40	2.16	5.62	4.76	0.56
80	4.46	2.01	0.10	0.38	2.25	4.98	4.59	0.51
120	4.44	2.11	0.12	0.42	2.16	5.52	4.90	0.61
160	4.29	2.03	0.12	0.41	2.21	4.96	5.12	0.49

Ancak, vermikompostun kullanıldığı birçok çalışmada azot içeriklerinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Kumari ve Ushakumari 2002; Azarmi vd., 2008; Yang vd., 2008; Gopal vd., 2010). Benzer şekilde vermikompost kullanılan birçok çalışmada fosfor konsantrasyonlarında da önemli artışlar olduğu bildirilmiştir (Hashemimajd, 2004; Arancon vd., 2006; Uma ve Malathi, 2009). Tavali vd. (2013), karnabahar bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, vermikompostun K konsantrasyonu üzerine olumlu etkide bulunduğu yönündedir. K konsantrasyonlarında artışlar meydana gelmesinin sebebi olarak ise vermikompost içeriğindeki potasyum miktarının etken olduğu varsayılmaktadır. Başka bir çalışmada ise vermikompost kullanımının bitkilerde kalsiyum içeriği yönünden

eksikliklerin olmadığı yönündendir (Barley, 1961; Kale, 1996). Yine domates bitkisinde vermikompost uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada, araştırmacılar Ca miktarında artış meydana geldiğini belirlemişlerdir (Azarmi vd., 2008).

Yapılan bazı araştırmalarda vermikompostun demir (Hashemimajd vd., 2004; Sönmez vd., 2011), çinko (Azarmi vd., 2008) gibi mikro besin elementi alımları üzerine de olumlu yönde etkilerinin olduğu yönündedir. Ancak bizim araştırma sonuçlarımıza göre hem yaprakta hemde meyvede istatistiki olarak vermikompostun mikro element içerikleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Vermikompost uygulamalarının domates yapraklarında ve meyvelerindeki demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriklerine etkileri (ppm)

Table 3. The effect of vermicompost applications on iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu) contents in tomatoes leaves and fruits

Vermikompost Dozları (g/bitki)	ppm							
	Fe		Mn		Zn		Cu	
	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve	Yaprak	Meyve
0	203.28	42.68	271.14	14.52	49.53	19.03	6.86	0.68
40	148.76	40.28	260.42	14.38	45.77	16.19	6.38	1.36
80	121.62	36.6	242.74	12.86	41.61	15.39	5.9	0.78
120	152.7	40.1	277.98	16.92	46.21	18.01	6.38	1.16
160	149.4	38.32	275.36	15.74	50.61	18.95	7.72	1.24

4. Sonuç

Bu araştırma ile organik artıkların solucanlar vasıtasıyla biyolojik parçalanması ile elde edilen yüksek ekonomik değere sahip, organik bir ürün olan vermicompostun sera koşullarında yetiştirilen domates bitkisinin verim ve kalite parametreleri üzerine yapacağı etki belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre domates yetiştiriciliğinde farklı dozlarda uygulanan vermicompostun; meyve rengi, meyve sertliği, meyve suyu pH değeri, titre edilebilir asitlik miktarı, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) gibi meyve kalite parametreleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Ayrıca yapraklarda ve meyvelerde yapılan element analizlerinde toplam azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi makro ve mikro elementlerinin alımlarında istatistiki olarak bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Ancak, ortalama meyve ağırlığı ve toplam verimin vermicompost uygulamalarından etkilendiği belirlenmiştir. Araştırmamızda verim ve ortalama meyve ağırlığındaki bu artışın toprakta mikrobiyolojik aktivitenin artışıyla daha iyi beslenme ve stres koşullarına toleransın artışı ile açıklanabileceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmada en uygun vermicompost dozu 160 g/bitki olarak belirlenmiştir. Daha yüksek dozların etkilerinin belirlenmesi amacıyla yeni araştırmaların gerektiği kanısına varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma Şefika TEKE tarafından hazırlanan “Vermikompostun Domateste Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri” isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Açıklama: Makalenin ilk versiyonunda yer almayan ve teşekkür bölümünde belirtilen yüksek lisans tezinde ikinci danışman olan Ali COŞKAN diğer yazarların önerisi makaleye ile eklenmiştir.

6. Kaynaklar

Açıkbaş, B. (2016). Vermikompostun 5 BB Üzerine Aşılı Trakya İlkeren Asma Fidanlarının Bitki Besin Elementi İçerikleri ve Vejetatif

- Gelişmesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Adak, Ş. (2016). Vermikompostun Domates ve Biberin Büyüme ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ak Gökse, G. & Öztokat Kuzucu, C. (2017). Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) Farklı Dozlardaki Vermikompost Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(2), 48-58.
- Aktas, H., Bayındır, D., Dilmaçınal, T. & Koyuncu, M. A. (2012). The Effects of Minerals, Ascorbic Acid, and Salicylic Acid on the Bunch Quality of Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) at High and Low Temperatures. HortScience, 47(10), 1478-1483.
- Alam, M.N., Jahan, M.S., Ali, M.K., Ashraf, M.A. & Islam, M.K. (2007). Effect of Vermicompost and Chemical Fertilizers on Growth, Yield and Yield Components of Potato in Barind Soils of Bangladesh. Journal of Application Science Research, 12, 1879-1888.
- Ali, M., Griffiths, A.J., Williams, K.P. & Jones, D.L. (2007). Evaluating the Growth Characteristics of Lettuce in Vermicompost and Greenwaste Compost. European Journal of Soil Biology, 43, 316-319.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A. & Bierman P. (2006). Influences of Vermicomposts on Field Strawberries: Part 2. Effects on Soil Microbiological and Chemical Properties. Bioresource Technology, 97(6), 831-840.
- Azarmi, R., Giglou, M.T. & Talesmikail, R.D. (2008). Influence of Vermicompost on Soil Chemical and Physical Properties in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Field. African Journal of Biotechnology, 7(14), 2397-2401.
- Barley, K.P. (1961). Plant Nutrition Levels of Vermicast. Advances in Agronomy, 13, 251.
- Büyüklüliz, F. (2016). Vermikompost Gübrelemesinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F. & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının İspanak (*Spinacia Oleracea* var. L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1), 56-69.
- Coşkan, A. & Yılmaz, K. (2015). Effects of Vermicompost Extract (tea) on Tomato seedling production. Proceeding Book of International Soil Science Congress on “Soil Science in International Year of Soils 2015. 19-23 October, Sochi Russia, 80-83
- Daşgan, H.Y., Kusvuran, S. & Kırdı, C. (2009). Effects of Plant Density and Number of Shoots on Yield and Fruit Characteristics of Peppers Grown in Glasshouses. Turkish Journal of Agriculture Forestry, 27, 29-35.
- Davras, İ., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2019). Domateste Salisilik Asit Uygulamasıyla Soğukta Depolama Süresince Kalite Kayıplarının Azaltılması. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 5(2), 176-186.
- Dilmaçınal, T., Koyuncu, M. A., Aktas, H. & Bayındır, D. (2011). The Effects of Several Postharvest Treatments on Shelf Life Quality of Bunch Tomatoes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39(2), 209-213.

- Erbaş, D. & Koyuncu, M. A. (2016). 1-Metilsiklopropan Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53(1), 43-50.
- Erdal, İ., Ertek, A., Şenyiğit, U. & Yılmaz, H. (2006). Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilisation in processing tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Australian Journal of Experimental Agriculture, (46): 1653-1660
- FAO, (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Son erişim tarihi: 19.02.2019).
- Gopal, M., Gupta, A., Planiswami, C., Dhanapal, R. & Thomas, G.V. (2010). Coconut Leaf Vermiwash: a Bio-liquid from Coconut Leaf Vermicompost for Improving the Crop Production Capacities of Soil. Current Science, 98(9), 1202-1210.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., Santiago-Borraz, J., MontesMolina, J.A., Nafate, C.C., Abdud Archila, M., Oliva Liaven, M.A., Rincón-Rosales, R. & Deendoven, L., (2007). Vermicompost as a Soil Supplement to Improve Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Bioresource Technology, 98(15), 2781-2786.
- Hadar, Y., (1991). Control of Soil-Borne Diseases Using Suppressive Compost in Container Media. Phytoparasitica, 19(2), 167.
- Hashemimajid, K., Kalbasi, M., Golchin, A. & Shariatmadari, H., (2004). Comparison of Vermicompost and Composts as Potting Media for Growth of Tomatoes. Journal of Plant Nutrition, 27, 1107-1123.
- Hoitink, H.A.J., Schmitthenner, A.F. & Herr, L.J. (1975). Composted Bark for Control of Root in Ornamentals. Ohio Reporter, 60, 25-26.
- Jahan, F.N., Shahjalal, A.T.M., Alok, Kumar Paul, Mehraj, H., & Jamal Uddin, A.F.M. (2014). Efficacy of Vermicompost and Conventional Compost on Growth and Yield of Cauliflower. Bangladesh Research Publications Journal, 10 (1): 33-38.
- Kacar, B. (2016). Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri: 2, Kolay Uygulanabilir Bitki Analizleri, ISBN 978-605-133-812-5
- Kale, D.R. (1996). Earthworms. The Significant Contributors To Organic Farming and Sustainable Agriculture. In Proceedings of the National Seminar on Organic Farming and Sustainable Agriculture. UAS, Bangalore, India (pp. 5-57).
- Karademir, S. (2019). Farklı Oranlarda Vermikompost Uygulamalarının Marulda (*Lactuca sativa* L.) Bitki Gelişimi, Kalite Özellikleri ve Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kumari, M.S.S. & Ushakumari, K. (2002). Effect of Vermicompost Enriched with Rock Phosphate on the Yield and Uptake of Nutrients in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Journal of Tropical Agriculture, (40): 27-30.
- Kuş, M. (2019). Topraksız Tarım Biber (*Capsicum annum* L.) Yetiştiriciliğinde Farklı Vermikompost Dozlarının Verime Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçükşakrak, Z., Erdal, İ., Demirekin, H. & Almaz, M. (2014). Leonardit ve Mikorizanin Biber Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementi Konsantrasyonu Üzerine Etkisi Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9(2), 42-48.
- Lazcano, C. & Dominguez, J. (2011). The Use of Vermicompost in Sustainable Agriculture: Impact on Plant Growth and Soil Fertility. In Soil Nutrients. 230-254. Nova Science Publishers Inc.
- Maltaş, A., Tavalı, İ., Uz, İ. & Kaplan, M. (2017). Kırmızı Baş Lahana (*Brassica Oleracea* var. *capitata* rubra) Yetiştiriciliğinde Vermikompost Uygulaması. Mediterranean Agricultural Sciences 30(2):155-161.
- Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekeran, G. & Ranganathan, L.S. (2009). Effect of Vermicompost on Soil Fertility and Crop productivity – Beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Environ. Biol. 30(2): 275-281.
- Najar, I.A & Khan, A.B. (2013). Effect of Vermicompost on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field condition. Acta Biologica Malaysiana, 2(1): 12-21.
- Özkan, N., Dağhoğlu, M., Ünser, E & Müftüoğlu, N.M. (2016). Vermikompostun Ispanak (*Spinacia oleracea*) Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1):1-5.
- Peyvast, G., Olfati, J.A., Madeni, S. & Forghani, A. (2007). Effect of Vermicompost on the Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 6(1), 132-135.
- Rangarajan, A., Leonard, B., & Jack, A. (2008). Cabbage Transplant Production Using Organic Media on Farm. In Proceedings of National Seminar on Sustainable Environment. N. Sukumaran (Ed). Bharathiar University, Coimbatore (pp. 45-53).
- Senyigit, U., Kadayifci, A. Ozdemir, O., Oz, H. & Atilgan, A. (2011). Effects of different irrigation programs on yield and quality parameters of eggplant (*Solanum melongena* L.) under greenhouse conditions. African Journal of Biotechnology 10(34):6497-6503,
- Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K. & Patil, R.T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry. Bioresource Technology, 99:8507-8511.
- Sönmez, S., Çıtak S., Koçak, F. & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ispanak Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1), 56-69.
- Tavalı, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. & Kaplan, M. (2013). Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) Verim, Kalite ve Mineral Beslenme Durumu Üzerine Vermikompostun Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(2), 115-120.
- Tavalı, İ.E., Uz, İ. & Orman Ş. (2014). Vermikompost ve Tavuk Gübresinin Yazlık Kabağın (*Cucurbita pepo* L. cv. sakız) Verim ve Kalitesi İle Toprağın Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2), 119-124.
- Tutar, U. (2012). Toprak Solucanlarından Elde Edilen Vermikompostun Bazı Bitki Patojenleri Üzerindeki Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması. Cumhuriyet University Faculty of Science Journal 34(2): 1-12.
- Uma, B. & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a Soil Supplement to Improve Growth and Yield of Amaranthus Species. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 5, 1054-1060.
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ. & Polat, E. (2019). Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Kıvrıkcık Salatada (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) Verim, Kalite ve Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32, 63-68.
- Viskalis, P., Jankauskiene, J. & Bobinaite, R. (2008). Content of Carotenoids and Physical Properties of Tomatoes Harvested at Different Ripening Stages. Foodbalt, 166-170.
- Yang, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J.H. & Cohen, S. (2008). Fertilization Regulates Soil Enzymatic Activity and Fertility Dynamics in a Cucumber Field. Scientia Horticulturae, 116, 21-26.
- Zengin, M. (2007). Organik tarım. Hasad yayıncılık, İstanbul.



Pedotransfer Fonksiyonların (PTFs) Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri için Değerlendirilmesi

Pelin Alaboz^{1*}, Ahmet Ali Işıldar¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu Yazar: pelinalaboz@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 23.12.2019

Kabul tarihi: 26.12.2019

Anahtar Kelimeler: Pedotransfer Fonksiyonlar, Nem Sabiteleri, Hidrolik İletkenlik, Hacim Ağırlığı, Agregat Stabilitesi, Penetrasyon Direnci

ÖZET

Son yıllarda, bazı toprak özelliklerine ilişkin veriler kullanılarak bir başka toprak özelliğinin tahmin edilmesine yönelik çalışmaların sıklığı ve bu kapsamda pedotransfer fonksiyonlara (PTFs) olan ilginin arttığı gözlenmektedir. Bu çalışmada, bazı toprak fiziksel özellikleri (hidrolik özellikler, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve agregat stabilitesi) için oluşturulan pedotransfer fonksiyonlar değerlendirilmiştir. Söz konusu tahmin modellerinde, tekstürel fraksiyonlar (% kum, silt ve kil) ve organik madde ortak olarak kullanılan toprak özellikleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca hidrolik iletkenlik ve penetrasyon direnci tahminlerinde, hacim ağırlığının modellere dahil edilmesinin doğruluk düzeyini arttırdığı gözlenmiştir. Geçmişte yürütülen araştırmalar; elde edilen tahmin modellerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde, yüksek belirleme katsayısı (R^2) ve düşük hata kareler ortalaması karekökünü (RMSE) önemli göstergeler olarak bildirmektedir. Modellerin tahmin doğruluk düzeyi; toprak özellikleri, bölgenin iklimi, analiz yöntemleri, verilerin homojenliği gibi parametrelerden etkilenebilmektedir.

Evaluation of Pedotransfer Functions (PTFs) for Some Soil Physical Properties

ARTICLE INFO

Received: 23.12.2019

Accepted: 26.12.2019

Keywords: Pedotransfer Functions, Moisture Constants, Hydraulic Conductivity, Bulk Density, Aggregate Stability, Penetration Resistance.

ABSTRACT

In recent years, studies on the estimation of another soil property using data on some soil properties (Pedotransfer Functions, PTFs), are widely used. In this context, increased interest in pedotransfer functions (PTFs) has been observed. In this study, the pedotransfer functions created for some soil physical properties (hydraulic properties, bulk density, penetration resistance and aggregate stability) were investigated. Textural fractions (% sand, silt and clay) and organic matter were determined as commonly used soil properties in the estimation models. In addition, the inclusion of the bulk density increased the accuracy of estimation in models of hydraulic conductivity and penetration resistance. Previous research had determined that high coefficient of determination (R^2) and low root mean square error (RMSE) were used as important indicators in assessing the usability of the estimation models obtained. The estimated accuracy level of the models can be affected by parameters such as soil properties, climate of the region, methods of analysis, homogeneity of data.

1. Giriş

Modelleme çalışmaları pek çok alanda olduğu gibi toprak biliminde de sıklıkla çalışılan bir konu haline gelmiştir. Pedotransfer fonksiyonlar (PTFs) sıklıkla kolay ölçülen toprak özelliklerinden zahmetli, zaman alıcı ve pahalı yöntemlerle ölçülen toprak özelliklerinin tahmin edilebilmesi için oluşturulan matematiksel modeller olarak tanımlanmaktadır (McBratney et al., 2002; Pachepsky and Van Genuchten, 2011). Bu fonksiyonlar Lin et al. (2014) tarafından temel toprak özellikleri (temel PTFs), toprağın değişken parametreleri (dinamik sürekli PTFs), horizon ve strüktürel özellikler (sınıf PTFs), topoğrafik özellikler (topoğrafik PTFs) iklim ya da arazi kullanım planlaması olmak üzere beş kategoride sınıflandırılmıştır. PTFs uygulamalarında, uluslararası nitelik taşıyan UNSODA (Unsaturated Soil Hydraulic Database), HYPRES (Hydraulic Properties of European Soils), NRCS (National Soil Survey Center Characterization database) gibi veri

tabanları yanında Rect ve Rosetta gibi programlara yer verilmektedir.

Modellerin oluşturulması aşamasında kullanılan bazı istatistiksel yöntemler arasında; bağımlı ve bağımsız değişkenlerin doğrudan ve dolaylı etkilerini belirleyen path analizi, birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi ölçmeye yönelik çoklu lineer regresyon (Yılmaz vd., 2005; Shalmani et al., 2010; Igwe et al., 2013) ve farklı algoritmalara başvuru yapıp sinir ağırları (Yang and You, 2013; Yakupoğlu vd., 2015; Mohanty et al., 2015; Usta et al., 2018) bulunmaktadır. PTFs ile oluşturulan modellerde gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin karşılaştırılmasında diğer bir deyimle modellerin geçerliliğinin test edilmesinde çoğunlukla hata kareler ortalaması karekökü (RMSE), regresyon belirleme katsayısı (R^2) ve ortalama hata (ME) parametreleri kullanılmaktadır (Van Looy et al., 2017) (Eşitlik 1,2,3). Aynı amaca yönelik fakat daha az sıklıkta kullanılan parametreler arasında ise ortalama mutlak hata (MAE),

ortalama sapma (MD) ve kareler ortalamalarının karekökü sapması (RMSD) sayılabilir.

$$R^2 : \frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE : \sqrt{\frac{\sum(X_g - X_t)^2}{n}} \quad (2)$$

$$ME : \sum_{i=1}^n \frac{(X_g - X_t)}{n} \quad (3)$$

Denklemden kullanılan y_i : deneysel olarak belirlenmiş değer, \bar{Y} : regresyon eşitliğinden hesaplanmış değer, y : deneysel verilerin ortalaması, X_g : gerçek değer, X_t : tahmin edilen değer, n : örnek sayısı'nı ifade etmektedir.

1.1. Hidrolik özelliklerin tahmininde PTfs'nin kullanımı

Toprak fiziksel özelliklerinin tahminine yönelik pedotransfer fonksiyonlar çoğunlukla toprakta suyun tutulması ve hidrolik iletkenlik üzerinedir (Brooks and Corey, 1964; Champbel 1974; Van Genuchten, et al., 1980). Toprakta su tutulmasına ilişkin PTFS'lerde noktasal ve parametrik olarak 2 yaklaşım söz konusudur. Çeşitli basınç yükleri altında toprak su içeriğinin tahmini için her bir basınç yüküne özgü ayrı modellerin oluşturulması noktasal yaklaşımdır (Saxton et al., 1986; Vereecken et al., 1989; Rawls and Brakensiek, 1989). Modellerdeki tahmin katsayılarının belirlenmesi ise parametrik yaklaşımlardır (Ghorbani Dashtaki and Homae 2004; Rajkaet et al., 2004). Bu amaçla en sık kullanılan denklemler Brooks and Corey (1964), Campbell (1974) ve Van Genuchten et al.(1980) tarafından önerilmiş olanlardır (Eşitli 4,5,6).

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(\frac{h_b}{h}\right)^\lambda \quad (\text{Brooks and Corey, 1964}) \quad (4)$$

$$h_b \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^{-b} \quad (\text{Campbell, 1974}) \quad (5)$$

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = 1 / (1 + |ah|)^m \quad (\text{Van Genuchten, 1980}) \quad (6)$$

θ : Hacimsel su içeriği (cm cm⁻³), θ_r : Kalan su içeriği (residual) (cm cm⁻³), θ_s : Doygun su içeriği, (cm cm⁻³), h : Toprak su potansiyeli (cm), h_b : Hava giriş basıncı (cm) α : Gözenek çapı ortalaması ile ters orantılı bir katsayı (cm⁻¹), m , n : Denklem katsayısı, $n > 1$, ve $m : 1 - 1/n$, $0 < m < 1$, λ : toprak karakteristik eğrisinin eğimini etkileyen parametre . b : tekstür ile ilgili katsayı

Rosetta programı kapsamında hidrolik özelliklerin (su tutma parametreleri, doymuş ve doymuş olmayan durumdaki hidrolik iletkenlik değerleri) tahmini için geliştirilen 5 farklı pedotransfer fonksiyon; ¹tekstür sınıfı, ²kum, kil ve silt içeriği, ³kum, kil ve silt içeriği, hacim ağırlığı, ⁴kum, kil ve silt içeriği, hacim ağırlığı, 33kPa'daki

su içeriği, ⁵kum, kil ve silt içeriği, hacim ağırlığı, 33kPa ve 1500 kPa'daki su içeriği parametrelerini içermektedir. Rosetta programı kapsamındaki fonksiyonlar ile hidrolik özellikler başarılı bir şekilde tahmin edilebilmektedir (Unguruşu et al., 2012; Alvarez-Acosta et al., 2012)

Toprak su karakteristikleri ve hidrolik iletkenliğin tahminine (hidrolik özellikler) ilişkin modellerde kum (Saxton et al., 1986; Vereecken et al., 1989), silt (Wösten et al., 1999; Gülser ve Candemir 2014) ve kil (Rajkaet et al., 2004; Cemek et al., 2004; Abbasi et al., 2011 Yakupoğlu vd. 2013) içerikleri yaygın olarak kullanılan toprak özellikleridir (Çizelge 1). Toprak hacim ağırlığı ve organik madde özelliklerinin modellere dahil edilmesi tahmin doğruluğunu arttırmaktadır (Abbasi et al., 2011; Mohawesh 2013; Gülser ve Candemir 2014). Saturasyon yüzdesinin kullanıldığı modellerde aynı düzeyde etki gözlenmemiş ve bazı nem sabiteleri ile saturasyon yüzdesi arasındaki korelasyonlar (yüksek, Grewal et al., 1990 ve düşük, Yakupoğlu vd., 2013) değişkenlik göstermiştir. Bu çalışmalarda örnek sayısı oldukça düşüktür ($n:25-30$). Modellerde veri setini oluşturan özelliklerin oldukça geniş değişim aralığına sahip olması ve çok sayıda örnekle çalışılması yüksek tahmin doğruluğu sağlamaktadır (Wösten et al., 2001). Toprağın çoğu fiziksel özelliklerinin nem tahmin modellerinde kullanımı oldukça yaygınken (Minasny and Hartemink 2011; Botula 2013; Gülser ve Candemir 2014), belirlemesi oldukça kolay olan penetrasyon direnci (PR) özelliğine pek yer verilmediği görülmektedir (Bayat and Zadeh 2018). Bunda en önemli etken belirli bir nem düzeyi için kullanılması gerekliliğidir. Keza arazi koşullarında pek çok değişkenin etkisi altındadır (Unger and Jones, 1998; Bradford, 1986; Hernanz et al., 2000). Yine porozite (P) (Gülser 2004; Suleiman and Ritchie, 2001), kation değişim kapasitesi (KDK), elektriksel iletkenlik (EC), CaCO₃'ü modellerde pek sık kullanılmayan özellikler arasındadır. Nem sabitelerinin lineer regresyon modelleriyle tahmin edilebilirliğinde, porozite'nin modelin tahmin doğruluk düzeyine katkısı yüksektir (Gülser, 2004). Hidrolik iletkenlik tahmin modellerinde, nem sabiteleri, tekstürel veriler ve hacim ağırlığının bulunması tahmin doğruluk düzeyini arttırmaktadır (Yakupoğlu vd., 2013).

Farklı tahmin modellerinin kurak ve yarı kurak bölgelerde kullanılabilirliği araştırıldığında (Mohawesh, 2013), düşük RMSE elde edilen birçok model bulunmaktadır (Cosby et al., 1984; Rawls and Brakensiek, 1989; Manrique et al., 1991) Hutson and Wagenet, 1992; Wösten et al., 1999) Söz konusu modellerin oluşturulmasında kullanılan toprakların yer aldığı bölgede iklim ve topoğrafik özelliklerin benzerliği yanında örnekleme sayılarının fazla olması, modellerin tahmin doğruluğunun yüksek olmasının nedeni olarak görülmektedir.

Çizelge 1. Hidrolik özellikleri tahmin modellerinde kullanılan toprak özellikleri
Table 1. Soil properties used in the hydraulic properties estimation models

Kaynaklar	K	C	Si	TK	SN	P	Ha	Sat	OM	PR	KDK	EC	CaCO ₃	pH
Saxton et al. (1986)	+	+												
Vereecken et al. (1989)	+	+												
Grewal et al. (1990)								+						
Wösten et al. (1999)			+	+			+			+				
Suleiman ve Ritchie (2001)						+								
Rajkalet et al. (2004)	+	+	+				+			+				
Cemek et al. (2004)	+	+	+				+							
Ghorbani Dashtaki and Homae (2004)	+	+					+							
Gülser (2004)	+	+				+					+			
Zacharias and Wessolek (2007)	+	+					+							
Adhikary et al. (2008)	+	+	+											
Abbasi et al. 2011	+	+	+				+			+				
Minasny and Hartemink (2011)	+	+					+							
Yakupoglu vd. (2013)	+	+	+	+			+	+						
Botula (2013)	+	+					+							
Gülser ve Candemir (2014)			+	+	+	+	+							
Miha'likova et al. (2015)	+	+	+	+	+			+	+			+		+
Tunçay et al. (2018)	+	+	+	+	+		+		+			+	+	+
Bayat and Zadeh (2018)	+	+	+						+	+	+	+	+	+

K:kum, C:kil, Si:silt, TK: tarla kapasitesi, SN: solma noktası, P:porozite, HA: hacim ağırlığı, OM: organik madde, PR: penetrasyon direnci, KDK: katyon değişim kapasitesi, EC: Elektriksel iletkenlik, CaCO₃: Kireç

1.2. Hacim ağırlığı tahmininde PTfs'nin kullanımı

Hacim ağırlığı, porozite ve hacimsel nem içeriği gibi özelliklerin belirlenmesi için bilinmesi gereken özelliklerden biridir ve sıklıkla tekstür, organik madde içeriği, arazi yönetimi ve sıkışma faktörlerden etkilenir (Al-Qinna ve Jaber, 2013). Hacim ağırlığının belirlenmesinde uygun nem aralığının yakalanma zorluğu tahmin modelleri aracılığı ile aşılabilmektedir. Hacim ağırlığı tahmin modellerinde kum, kil ve silt (Rawls, 1983; Keller et al., 2010; Nanko et al., 2014), organik karbon

(Alexander 1980; Heuscher et al., 2005; Benites et al., 2007; Al-Qinna et al., 2013) ve toprak derinliği (Heuscher et al., 2005; Keller et al., 2010; Minasny and Hartemink, 2011) oldukça sık kullanılan toprak özellikleridir (Çizelge 2). Modellere organik karbon veya organik madde'nin dahil edilmesi tahmin doğruluğunu arttırmaktadır (Abdelbaki et al., 2018). Hacim ağırlığı, kum ile pozitif ve organik madde, KDK, Ca+Mg, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve kil ile negatif ilişkiler sergilemektedir (Giarola et al., 2002; Özdemir vd., 2018).

Çizelge 2. Hacim ağırlığı tahmin modellerinde kullanılan toprak özellikleri
Table 2. Soil properties used in the bulk density estimation models

Kaynaklar	K	C	Si	OC	OM	N	D	YK	KDK	Ca+Mg	TK/SN
Alexander (1980)				+							
Honeysett and Ratkowsky (1989)								+			
Rawls (1993)	+	+			+						
Dexter (2004)		+		+							
Heuscher et al. (2005)	+	+	+	+		+	+				
Tranter et al. (2007)	+						+				
Benites et al. (2007)		+		+							
Keller et al. (2010)	+	+	+		+						
Suuster et al. (2011)		+		+		+	+				
Minasny and Hartemink (2011)	+				+		+				
Hollis et al. (2012)		+					+				
Han et al. (2012)					+						
Al-Qinna et al. (2013)	+			+							
Nanko et al. (2014)	+	+	+	+	+						
Özdemir vd. (2018)	+	+	+		+				+	+	+

Hacim ağırlığı tahmin modellerinde Al₂O₃ ve Fe₂O₃'e pek yer verilmemiştir. Özellikle tropik bölgelerde yüksek Al₂O₃ ve Fe₂O₃'in agregasyon üzerine etkisi göz önüne alındığında, tahmin modellerinde etkili bir özellik (Schwertmann and Taylor, 1977; Giarola et al., 2002)

olabileceği değerlendirilmektedir. Hacim ağırlığı tahmini ile ilgili geçmişte birçok model üretilmiş olup yakın dönemde başlayan ve hala süren çalışmalarda bunların kullanılabilirlikleri araştırılmaktadır (Kaur et al., 2002; Devos et al., 2005; Perie and Ouimet, 2007; Sevastas et al.,

2018). Özellikle kurak ve yarı kurak koşullarda hacim ağırlığı belirlemelerinin güçlüğü pedotransfer fonksiyonlardan yararlanılma gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Brahim et al., 2012).

1.3. Penetrasyon direnci tahmininde PTfs'nin kullanımı

Toprak sıkışmasının bir göstergesi olan penetrasyon direnci; toprağın su içeriği, hacim ağırlığı, organik madde, tekstür, strüktür gibi özelliklerinden etkilenmektedir (Unger and Jones, 1998; Bradford, 1986; Hernanz vd., 2000; Sağlam ve Dengiz, 2017). Penetrasyon direnci

tahminlerinde hacim ağırlığı (Busscher, 1990; Grunwald et al., 2001; Santos et al., 2012) ve nem içeriği (Costantini, 1995; Bayat et al., 2008; Filho et al., 2012) özellikleri oldukça sık kullanılmaktadır (Çizelge 3). Islak toprakta penetrasyon direnci oldukça zayıftır. Kurumayla artan sürtünme direnci penetrasyon direncinin artmasına yol açar (Landsberg et al., 2003). Bu durum penetrasyon direnci ile nem arasındaki ilişkinin yüksek bulunmasının bir nedenidir. Penetrasyon direncinin, kum ile pozitif ve kil ile negatif (Negiş vd., 2016), <0.2 µm por yüzdesi ile pozitif, >50 µm ve 50-8.6 µm arası por yüzdesi ile negatif ilişkiler sergilediğine (Şeker, 1999) ilişkin bazı araştırma sonuçları mevcuttur.

Çizelge 3. Penetrasyon direnci tahmin modellerinde kullanılan toprak özellikleri

Table 3. Soil properties used in penetration resistance estimation models

Kaynaklar	K	C	Si	P	OM	N	Sat	Ha	kPA	D
Bennie and Burger (1988)		+	+			+		+		
Busscher (1990)						+	+	+	+	
Costantini (1996)						+		+		
Grunwald et al. (2001)	+	+	+			+		+		+
To and Kay (2005)		+			+			+	+	
Whalley (2007)	+							+	+	
Bayat et al. (2008)				+		+		+		
Santos et al. (2012)						+		+		
Filho et al. (2012)					+	+		+		

K:kum, C:kil, Si:silt, P: porozite, OM: organik madde, N: nem, Sat: saturasyon yüzdesi, Ha: hacim ağırlığı, kPA: kpa'da tutulan su, D: derinlik

Toprak tekstürü (Grunwald et al., 2001), agregat stabilitesi ve organik madde miktarı (Turgut vd., 2008; Turgut ve Öztaş, 2012) ile penetrasyon direnci arasında önemli korelasyon bulunmaktadır. Penetrasyon direncinin çok fazla parametreden etkilenmesi yüksek. Farklı toprak özellikleri kullanılarak PR tahmin modellerinin oluşturulması PR değerinin daha doğru tahmin edilmesine yol açacaktır. Toprak hidrolik özelliklerinin tahmini kadar yoğun olarak üzerinde çalışılan bir özellik olmasa da, lineer modeller dışında yapay sinir ağları kullanılarak daha yüksek doğrulukla tahminler yapılabilmektedir (Bayat et al., 2008). Penetrasyon direnci tahminlerinde, geniş bir veri seti ve toprak özelliklerinin değişim aralığı dar olan gruplarla çalışılması durumunda daha yüksek doğruluklu tahminler elde edilmektedir (To and Kay, 2005).

1.4. Agregat stabilitesi tahmininde PTfs'nin kullanımı

Primer taneciklerin bir araya gelerek flokülasyonu ve çimentolaşmasıyla oluşan agregatların (Duiker et al., 2003), stabilitesi strüktürel durumun değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir (Six et al., 2000). Toprakta agregat oluşumunda

genel olarak kil mineralleri, organik kökenli koloidal maddeler, demir, alüminyum ve mangan oksitler ve kalsiyum karbonat etkili parametreler arasında sayılmaktadır (Branick and Lal, 2005). Agregat stabilitesi için oluşturulan modellerde oldukça fazla değişken yer almaktadır (Çizelge 4). Örnek sayısı ve değişken sayısındaki artış tahmin doğruluk düzeyini olumlu yönde etkilemektedir.

Tekstürel fraksiyonlar (Shalmani et al., 2010; Saidi et al., 2015; Aziz and Karim, 2016), organik madde (Yakupoğlu vd., 2015; Igwe et al., 2013; Usta et al., 2018) ve KDK (Saidi et al., 2015; Marashi et al., 2017; Annabi et al., 2017) özelliklerine modellerde sıklıkla rastlanılmaktadır (Çizelge 4). Ayrıca kil, organik karbon (Yakupoğlu vd., 2012), tane büyüklük dağılımı, tane yoğunluğu, kireç, pH ve mekanik direnç (Shalmani et al., 2010) gibi özelliklerin kullanılmasıyla doğruluğu yüksek modeller oluşturulmaktadır. Agregat stabilitesinin modellenmesine ilişkin istatistiksel yaklaşımlarda, yapay sinir ağlarının kullanımının daha güvenilir tahminlerin yapılmasını sağladığı bilinmektedir (Yakupoğlu vd., 2015; Marashi et al., 2017; Rivera and Bonila, 2020).

Çizelge 4. Agregat stabilitesi tahmin modellerinde kullanılan toprak özellikleri

Table 4. Soil properties used in aggregate stability estimation models

Kaynaklar	K	C	Si	pH	OM	EC	OC	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Ha	M	MA	KDK	SN	TK
Yılmaz vd. (2005)	+	+						+	+			+	+		+				
Shalmani et al. (2010)	+	+	+	+			+							+					
Umer and Rajab (2012)																+			
Yakupoğlu vd. (2012)		+					+												+
Igwe et al. (2013)							+	+	+			+	+						+
Saidi et al. (2015)	+	+	+	+	+	+				+									+
Yakupoğlu vd.(2015)		+			+					+									+
Aziz and Karim (2016)	+	+	+		+			+	+	+	+								+
Marashi et al. (2017)		+		+	+														+
Annabi et al. (2017)	+	+	+	+		+				+			+						+
Šimanský et al. (2017)	+	+	+				+												+
Usta et al. (2018)	+	+			+														+

K:kum, C:kil, Si: silt, OM: organik madde, EC: elektriksel iletkenlik, OC: organik karbon, Ha: Hacim ağırlığı, M: kil minerali, MA:mikrobiyal aktivite, KDK: katyon değişim kapasitesi, SN: solma noktası, TK: tarla kapasitesi

2. Sonuç ve Öneriler

Toprağın fiziksel özelliklerinin tahmininde yaygın olarak kullanılan pedotransfer fonksiyonlarla ilgili olarak;

- Hacim ağırlığı için oluşturulan tahmin modellerinde; tekstürel fraksiyonlar, organik karbon, toprak derinliği
- Hidrolik özellikler ve nem sabiteleri için; tekstürel fraksiyonlar, hacim ağırlığı, organik madde
- Penetrasyon direnci için; hacim ağırlığı ve nem içeriği
- Agregat stabilitesi için; tekstürel fraksiyonlar, organik madde ve KDK

özellikleri kullanılan parametreler arasında en etkili olanlardır.

Araştırmacılar tarafından oluşturulan modellerin kullanılabilirliği ve geçerliliği; bölgenin iklimi, toprak özelliklerinin benzerliği, verilerin homojenliği, örnekleme sayıları ve analiz yöntemleri gibi parametrelere bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca; bugüne değin yapılmış çalışmalar; PTFs'ın sadece belirlemesi kolay toprak özelliklerinden, belirlenmesi zor, zaman alıcı ve pahalı olan toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmadığı, geçmiş ve günümüzde yürütülmüş toprak özelliklerine ilişkin çalışma verileri kullanılarak tüm toprak özelliklerinin diğer etkili toprak özelliklerinden tahmin edilebileceğini göstermektedir.

3. Kaynaklar

- Abbasi, Y., Ghanbarian-Alavijeh, B., Liaghat, A. M. ve Shorafa, M. (2011). Evaluation of pedotransfer functions for estimating soil water retention curve of saline and saline-alkali soils of Iran. *Pedosphere*, 21(2), 230-237.
- Abdelbaki, A.M. (2018). Evaluation of pedotransfer functions for predicting soil bulk density for US soils. *Ain Shams Engineering Journal*.

- Adhikary, P.P., Chakraborty, D., Kalra, N., Sachdev, C.B. ve Patra, A.K. (2008). Pedotransfer functions for predicting the hydraulic properties of Indian soils. *Australian Journal of Soil Research*, 46, 476-484
- Alexander, E.B. (1980). Bulk densities of California soils in relation to other soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 689-692.
- Al-Qinna, M.I. ve Jaber, S.M. (2013). Predicting soil bulk density using advanced pedotransfer functions in an arid environment. *T. Asabe*, 56, 963-976.
- Alvarez-Acosta, C., Lascano, R.J. ve Stroosnijder, L. (2012). Test of the rosetta pedotransfer function for saturated hydraulic conductivity. *Open Journal of Soil Sciences*, 2, 203-212.
- Annabi, M., Raclot, D., Bahri, H., Bailly, J. S., Gomez, C. ve Le Bissonnais, Y. (2017). Spatial variability of soil aggregate stability at the scale of an agricultural region in Tunisia, *Catena*, 153, 157-167.
- Aziz, S. A.ve Karim, S. M. (2016). The effect of some soil physical and chemical properties on soil aggregate stability in different locations in sulaimani and halabja governorate, *Open Journal of Soil Science*, 6(04), 81.
- Bayat, H., Neyshaburi, M. R., Hajabbasi, M. A., Mahboubi, A. A. ve Mosaddeghi, M. R. (2008). Comparing neural networks, linear and nonlinear regression techniques to model penetration resistance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(5), 425-433.
- Bayat, H. ve Zadeh, G.E. (2018). Estimation of the soil water retention curve using penetration resistance curve models. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 329-343.
- Benites, V.M., Machado, P.L.O.A., Fidalgo, E.C.C., Coelho, M.R.ve Madari, B.E. (2007). Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. *Geoderma*, 139, 90-97.
- Bennie, A.T.P. ve Burger, R.D.T. (1988). Penetration resistance of fine sandy apedal soils as affected by relative bulk density, water content and texture. *South African Journal of Plant and Soil*, 5(1), 5-10.
- Botula, Y.D. (2013). Indirect methods to predict hydrophysical properties of soils of Lower Congo. Ghent University, Gent, p 236
- Bradford, J. M. (1986). Penetrability. Clude, A. (ED.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (463-478). Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 1188p, America
- Brahim, N., Bernoux, M.ve Gallali, T. (2012). Pedotransfer functions to estimate soil bulk density for Northern Africa: Tunisia case. *Journal of Arid Environments*, 81, 77-83.
- Bronick, C.J. ve Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 3-22.
- Brooks, R.J. ve Corey, A. T. (1964). Hydraulic properties of porous media. *Hydrology Paper 3*. Fort Collins: Colorado State University.
- Busscher, W.J. (1990). Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. <http://naldc.nal.usda.gov/download/18014/PDF> (Erişim: 8 kasım 2019)

- Campbell, G.S. (1974). A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. *Soil Science*, 117:311–314.
- Cemek, B., Meral, R., Apan, M. ve Merdum, H. (2004). Pedotransfer function for the estimation of the field capacity and permanent wilting point. *Pakistan Journal of Biological Science*, 7(4), 535-541.
- Cosby, B.J., Hornberger, G.M., Clapp, R.B. ve Ginn, T.R. (1984). A statistical exploration of the relationship of soil moisture characteristics to the physical properties of soils. *Water Resources Research*, 20, 682–690.
- Costantini, A. (1995). Relationships between cone penetration resistance, bulk density, and moisture content in uncultivated, repacked, and cultivated hardsetting and non-hardsetting soils from the coastal lowlands of south-east Queensland.
- De Vos, B., Van Meirvenne, M., Quataert, P., Deckers, J. ve Muys, B. (2005). Predictive quality of pedotransfer functions for estimating bulk density of forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 500–10.
- Dexter, A.R. (2004). Soil physical quality part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120, 201–214.
- Duiker, S.W., Rhoton, F.E., Torrent, J., Smeck, N.E. ve Lal, R. (2003). Iron (hydr) oxide crystallinity effects on soil aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 67(2), 606-611.
- Filho, J.T., Feltran, C.T.M., José Francirlei de Oliveira, J.F. ve Almeida, E. (2012). Modelling of soil penetration resistance for an oxisol under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 89-95.
- Ghorbani Dashtaki, S.H. ve Homae, M. (2004). Using geometric mean particle diameter to derive point and continuous pedotransfer functions. In Whrle, N. and Scheurer, M. (eds.) *EuroSoil*. September 4–12, 2004. Freiburg, Germany. 10(30): 1–10.
- Giarola, N.F.B., Da Silva, A.P. ve Imhoff, S. (2002). Relações entre propriedades físicas e características de solos da Região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 885–893.
- Grewal, K. S., Buchan, G. D. ve 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.
- Grunwald, S., Lowery, B., Rooney, D.J. ve McSweeney, K. (2001). Profile cone penetrometer data used to distinguish between soil materials. *Soil & Tillage Research*, 62, 27-40.
- Gülser, C. (2004). Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 19-23.
- Gülser, C. ve Candemir, F. (2014). Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3, 77-81.
- Han, G.Z., Zhang, G.L., Gong, Z.T. ve Wang, G.F. (2012). Pedotransfer functions for estimating soil bulk density in China. *Soil Science*, 177, 158–164.
- Hernanz, J.L., Peixoto, H., Cerisola, C. ve Sánchez-Girón, V. (2000). An empirical model to predict soil bulk density profiles in field conditions using penetration resistance, moisture content and soil depth. *Journal of Terramechanics*, 37(4), 167-184.
- Heuscher, S.A., Brandt, C.C. ve Jardine, P.M. (2005). Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 51–56.
- Hollis, J.M., Hannam, J. ve Bellamy, P.H. (2012). Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in European soils. *European Journal of Soil Science*, 63, 96–109.
- Honeysett, J.L. ve Ratkowsky, D.A. (1989). The use of ignition loss to estimate bulk density of forest soils. *J. Soil Science*, 40, 299–308.
- Hutson, J.L. ve Wagenet, R.J. (1992). Leaching estimation and chemistry model. department of soil. *Crop and Atmospheric Sciences Research series no. 92.3*, New York, Cornell University.
- Igwe, C. A., Zarei, M. ve Stahr, K. (2013). Stability of aggregates of some weathered soils in south-eastern Nigeria in relation to their geochemical properties. *Journal of Earth System Science*, 122(5), 1283-1294.
- Kaur R, Kumar, S. ve Gurung, H.A. (2002). Pedo-transfer function (PTF) for estimating soil bulk density from basic soil data and its comparison with existing PTFs. *Australian Journal of Soil Research*, (40), 847–57.
- Keller, T. ve Hakansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154, 398–406.
- Landsberg, J.D., Miller, R.E., Anderson, H.W. ve Tepp, J.S. (2003). Bulk density and soil resistance to penetration as affected by commercial thinning in northeastern Washington. Res. Pap. PNW-RP-551. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Lin, H., Zhang, W. ve Yu, H. (2014). *Hydropedology: linking dynamic soil properties with soil survey data*. In application of soil physics in environmental analyses (pp. 23-50). Springer International Publishing.
- McBratney, A., Minasny, B., Cattle, S.R. ve Vervoort, R.W. (2002). From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma* 109,41–73
- Manrique, L.A., Jones, C.A. ve Dyke, P.T. (1991). Predicting soil water retention characteristics from soil physical and chemical properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 22, 1847–1860.
- Marashi, M., Torkashvand, A. M., Ahmadi, A. ve Esfandyari, M. (2017). "Estimation of soil aggregate stability indices using artificial neural network and multiple linear regression models", *Spanish Journal of Soil Science*, 7(2).
- Miháliková, M., Başkan, O. ve Dengiz, O. (2015). Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environmental Earth Sciences*, 74(3), 2425-2437.
- Minasny, B. ve Hartemink, A.E. (2011). Predicting soil properties in the tropics. *Earth-Science Reviews*, 106, 52–62
- Mohanty, M., Nishant, K., Sinha, D.K., Painuli, K.K., Bandyopadhyay, K.M., Hati, K. ve Sammi Reddy, Chaudhary, R.S., (2015). Modelling soil water contents at field capacity and permanent wilting point using artificial neural network for Indian soils. *National Academy Science Letter*, 38(5), 373-377.
- Mohawesh, O.E. (2013). Assessment of pedotransfer functions (PTFs) in predicting soil hydraulic properties under arid and semi arid environments. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 9(4).
- Nanko, K., Ugawa, S., Hashimoto, S., Imaya, A., Kobayashi, M., Sakai, H., Ishizuka, S., Miura, S., Tanaka, N., Takahashi, M. ve Kaneko, S. (2014). A pedotransfer function for estimating bulk density of forest soil in Japan affected by volcanic ash. *Geoderma*, 213, 36–45.
- Neğiş, H., Şeker, C., Gümüş, İ., Özyaytekin, H. H., Atmaca, E. ve Karaca, Ü. (2016). Şeker pancarı tarımında penetrasyon direncinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 272-279.
- Özdemir, N., Ekberli, İ. ve Durmuş, Ö.T.K. (2018). Bazı toprak özellikleri ile kütle yoğunluğunun tahmini için pedotransfer modeller. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 46-51.
- Pachepsky, Y.A. ve Van Genuchten, M. T. (2011). Pedotransfer functions. *Encyclopedia of Agrophysics*, 556-561.
- Perie, C. ve Ouimet, R. (2007). Organic carbon, organic matter and bulk density relationships in boreal forest soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 88, 315–25.
- Rajkai, K., Kabos, S. ve Van Genuchten, M. Th. (2004). Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, nonlinear and concomitant variable methods. *Soil & Tillage Research*, 79, 145–152.
- Rawls, W.J. (1983). Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. *Soil Science*, 135, 123–125.
- Rawls, W.J. ve Brakensiek, D.L. (1989). Estimation of soil water retention and hydraulic properties. In: S. Morel, Editor, *unsaturated flow in hydrologic modeling. theory and practice*, Kluwer academic publishers.
- Rivera, J. I. ve Bonilla, C. A. (2020). Predicting soil aggregate stability using readily available soil properties and machine learning techniques. *Catena*, 187, 104408.
- Sağlam, M. ve Dengiz, O. (2017). Spatial variability of soil penetration resistance in an alluvial delta plain under different land uses in middle Black Sea Region of Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(1), 60-73.
- Saidi, D., Hamel, Z. ve Ababou, A. (2015). Using pedotransfer functions to assess aggregate stability: application to the lower chelif soils, Algeria. *International Journal of Plant & Soil Science*, 8, 1-10.
- Santos, F.L., Jesus, V.A.M. ve Valente, Domingos Sárvio Magalhães, D.S.M. (2012). Modeling of soil penetration resistance using statistical analyses and artificial neural networks. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34, 2, 219-224.
- Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J.S. ve Papendick, R. I. (1986). Estimating generalized soil water characteristics from texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 1031–1036.

- Schwertmann, U. ve Taylor, R.M. (1977). Iron oxides. In: Dixon JB (ed) Minerals in soil environments. Soil Science Society of America, Madison. 948 p
- Sevastas, S., Gasparatos, D., Botsis, D., Siarkos, I., Diamantaras, K. I. ve Bilas, G. (2018). Predicting bulk density using pedotransfer functions for soils in the Upper Anthemountas basin, Greece. *Geoderma Regional*, 14, e00169.
- Shalmani, A. A., Shahrestani, M. S., Asadi, H. ve Bagheri, F. (2010). Comparison of regression pedotransfer functions and artificial neural networks for soil aggregate stability simulation. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August, Brisbane, Australia.
- Šimanský, V., Kravka, M. ve Jonczak, J. (2017). Stability of soil aggregates in loamy soils of Slovakia. *Journal of Elementology*, 22(2), 581-592.
- Six, J., Elliott, E.T. ve Paustian, K. (2000). Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1042 – 1049.
- Suleiman, A. A. ve Ritchie, J. T. (2001). Estimating saturated hydraulic conductivity from soil porosity. *Transactions of the ASAE*, 44(2), 235.
- Suuster, E., Ritz, C., Roostalu, H., Reintam, E., Kolli, R. ve Astover, A. (2011). Soil bulk density pedotransfer functions of the humus horizon in arable soils. *Geoderma* 163, 74–82.
- Şeker, C. (1999). Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23, (3), 583-588.
- To, J. ve Kay, B.D. (2005). Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma*, 126(3-4), 261-276.
- Tranter, G., Minasny, B., McBratney, A.B., Murphy, B., McKenzie, N.J., Grundy, M. ve Brough, D., 2007. Building and testing conceptual and empirical models for predicting soil bulk density. *Soil Use Management*, 23, 437–443.
- Tunçay, T., Başkan, O., Bayramın, I., Dengiz, O. ve Kılıç, Ş. (2018). Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semi-arid terrestrial ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(9), 1240-1253.
- Turgut, B., Aksakal, E.L., Öztaş, T. ve Babagil, G.E. (2008). Penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerine ait etki katsayılarının çoklu regresyon analizi ile belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 115-121.
- Turgut, B. ve Öztaş, T. (2012). Penetrasyon direncini etkileyen bazı toprak özelliklerinin yersel değişiminin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 115-125.
- Umer, M. I. ve Rajab, S.M. (2012). Correlation between aggregate stability and microbiological activity in two Russian soil types. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1(1), 45-50.
- Unger, P.W. ve Jones, O.R. (1998). Long-Term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil & Tillage Research*, 45(1), 39-57.
- Unguraşu, A.N., Anel, F.D. ve Florian Stătescu, F. (2012). Estimation of soil hydraulic parameters with the help of rosetta program. *Lucrări Ştiinţifice– vol. 55, seria Agronomie*.
- Usta, A., Yılmaz, M. ve Kocamanoglu, Y.O. (2018). Estimation of wet soil aggregate stability by some soil properties in a semi-arid ecosystem. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12 A), 9026-9032.
- Van Genuchten, M.Th. (1980). A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44:892-898.
- Van Looy, K., Bouma, J., Herbst, M., Koestel, J., Minasny, B., Mishra, U., et al. ve Schaap, M.G. (2017). Pedotransfer functions in Earth system science: challenges and perspectives. *Reviews of Geophysics*, 55(4), 1199-1256.
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J. ve Darius, P. (1989). Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Science*, 148: 389–403.
- Whalley, W.R., To, J., Kay, B.D. ve Whitmore, A.P. (2007). Prediction of the penetrometer resistance of soils with models with few parameters. *Geoderma* 137, 370–377.
- Wösten, J. H. M., Lilly, A., Nemes, A. ve Le Bas, C. (1999). Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*. 90: 169–185.
- Wösten, J.H.M., Pachepsky, Y. ve Rawls, W.J. (2001). Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, 251, 123–150.
- Yakupoğlu, T., Saltah, K. ve Karagöktaş, M. (2012). Narlı ovası'nda toprak aşınabilirliğinin pedotransfer yaklaşım ile tahminlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(2), 59-67.
- Yakupoğlu, T., Şişman, A.Ö., Karagöktaş, M. ve Demir, Ö.F. (2013). Toprakların doymuş koşullardaki hidrolik iletkenlik değerlerinin pedotransfer eşitliklerle tahminlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 8 (1), 84-89.
- Yakupoğlu, T., Şişman, A. Ö. ve Gündoğan, R. (2015). Toprakların agregat stabilitesi değerlerinin yapay sinir ağları ile tahminlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 83-92.
- Yang, X. ve You, X. (2013). Estimating parameters of van genuchten model for soil water retention curve by intelligent algorithms. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 7, No. 5, 1977-1983.
- Yılmaz, K., Çelik, I., Kapur, S. ve Ryan, J. (2005). Clay minerals, Ca/Mg Ratio and Fe-Al-oxides in relation to structural stability, hydraulic conductivity and soil erosion in southeastern Turkey. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 29(1), 29-37.
- Zacharias, S. ve Wessolek, G. (2007). Excluding organic matter content from pedotransfer predictors of soil water retention. *Soil Science Society of America Journal*, 71, 43–50.