



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ
FEN DERGİSİ



<http://dergipark.gov.tr/sufefd>

Ekim 2019

Cilt: 45

Sayı : 2



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ
SELÇUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY

Dergi Sahibi: **Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK**
Baş Editör: **Doç.Dr. Evren YILDIZTUGAY**

İletişim/Correspondence

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dekanlığı
Alaeddin Keykubat Kampusu, Selçuklu, 42130, Konya
Tel: +90 332 2238853 Fax: +90 332 2412499

Web: <http://dergipark.gov.tr/sufefd>

E-posta: selcukfendergi@gmail.com

Yayın Tarihi / Publication Date

30.10.2019

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ SELCUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY

Baş Editör (Editor in chief)

Doç.Dr. Evren YILDIZTUGAY
(S.Ü. Fen Fakültesi Biyoteknoloji Bölümü)

Yayın Kurulu (Editorial Board)

Prof.Dr. Haluk ÖZPARLAK, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Türkiye
Prof.Dr. Rawil F. FAKHRULLIN, Kazan Federal Üniversitesi, Mikrobiyoloji Bölümü, Kazan, Tataristan
Prof.Dr. Adriano MOLLICA, Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti e Pescara, İtalya
Assoc.Prof.Dr. Mohamad Fawzi MAHOMOODALLY, Mauritius Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Bölümü, Moka, Mauritius
Prof.Dr. Marcello LOCATELLI, Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti e Pescara, İtalya
Doç.Dr. Gökhan ZENGİN, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Türkiye
Doç.Dr. Mustafa ÖZMEN, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye
Doç.Dr. Salih Zeki BAŞ, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye
Doç.Dr. Tuncer ACAR, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, Türkiye
Doç.Dr. Serdar KARAKURT, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyokimya Bölümü, Türkiye
Doç.Dr. Raşit AYDIN, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Türkiye
Assist.Prof.Dr. Amro K.F. DYAB, Minia Üniversitesi, Kimya Bölümü, Mısır
Assist.Prof.Dr. Simone CARRADORI, Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti e Pescara, İtalya
Dr. Sinan ALKAN, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye
Dr. Halit ÇAVUŞOĞLU, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Türkiye

Danışma Kurulu (Advisory Board)

Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Türkiye
Prof. Dr. Yavuz BAĞCI, Selçuk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri Bölümü, Türkiye
Prof. Dr. Rıza OĞUL, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Türkiye
Prof.Dr. Kemal AYDIN, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, Türkiye
Prof.Dr. Coşkun KUŞ, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Türkiye
Prof.Dr. Buğra SARAÇOĞLU, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Türkiye
Prof.Dr. Gülşin ARSLAN, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyokimya Bölümü, Türkiye
Prof. Dr. İmren HATAY PATIR, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoteknoloji Bölümü, Türkiye

45(2)
2019

Yazışma Adresi

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dekanlığı
Alaeddin Keykubat Kampusu, Selçuklu, 42130, Konya
✉: selcukfendergi@gmail.com
Tel : 0 332 223 88 53 • Faks : 0 332 241 24 99

..... Yılda İki Kez Yayınlanır



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ

SELCUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY

e-ISSN: 2458-9411

CİLT:45, SAYI:1, NİSAN 2019

VOLUME:45, ISSUE 1, APRIL 2019

İÇİNDEKİLER

Contents

- Pleurotus ostreatus'un Misel Gelişmesine Sitokinlerin Etkisi95–102**
The Effect of Cytokines on Mycelium Growth of Pleurotus ostreatus
Zeynep AY, Gıyasettin KAŞIK, Sinan ALKAN
- Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa İllerinden Belirlenen Afıt Türlerinin Türkiye Afıt Faunasına Katkıları Açısından Değerlendirilmesi103–115**
Evaluations of the Aphid Species Determined in Adıyaman, Malatya and Şanlıurfa Provinces for Contribution to Turkey Aphid Fauna
Gazi GÖRÜR, Özhan ŞENOL, Hayal AKYILDIRIM BEĞEN
- Schiff Bazı Ligand Kompleks Bileşiminin Sentezi ve Multinükleer Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Geçiş Metal Kompleksinin İncelenmesi116–125**
Synthesis of Schiff Base Ligand Complex Compound and Investigation of Multiple Nuclear Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Metal Complex
Gülcan FERİÇOK, Ziya Erdem KOÇ
- Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi.....126–135**
The Evaluation of Risk Profiles of Microplastics (MP) on Aquatic Organisms
Figen Esin KAYHAN
- Oda Sıcaklığında Çinko Ftalosiyanınin BTX Gazlarına Duyarlılığı136–148**
Room Temperature BTX Sensor Based on Zinc Phthalocyanine Thin Film
Asuman AŞIKOĞLU BOZKURT
- PISA Fen, Matematik ve Okuma Puanları Arasındaki Bağımlılık Yapısının Kapula ile Modellenmesi149–162**
PISA Modeling the Dependency Structure between Science, Mathematics and Reading Scores with Copula
Mervenur PALA*, Fatih SAĞLAM
- Endemik Stachys pumila Banks & Sol. ve Stachys citrina Boiss. & Heldr. (Lamiaceae) Türleri Üzerine Karşılaştırmalı Anatomik ve Mikromorfolojik Bir Çalışma163–178**
Comparative Anatomical and Micromorphological Study on Turkish Endemic Stachys pumila Banks & Sol. and Stachys citrina Boiss. & Heldr.
Muhittin DİNÇ, Mustafa İÇELİ, Süleyman DOĞU
- Türkiye'deki Morchella Türleri; Nadir Bulunan Morchella steppicola Zerova Türü için Yeni Bir Lokalite179–196**
Morchella Species in Turkey; A New Locality for Rare Morchella steppicola Zerova Species
Sinan ALKAN, Mustafa BAĞ, Gıyasettin KAŞIK
- Yüksek Basınç Saçtırma Yönteminin Yoğunluk Modülasyonlu İTO İnce Filmlerin Optik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi197–208**
Investigation of The Effect of High Pressure Sputter Method on Optical Properties of Density Modulated ITO Thin Films
Filiz KELEŞ, Emre KARTAL, Ayşe SEYHAN



Makale Gönderme ve Telif Hakkı Devir Sözleşmesi

Makale Başlığı	
Yazar(lar)	

Makaleden sorumlu yazarın bilgileri:

Adı ve Soyadı

Adresi

E-posta

Telefon

Faks

Sunmuş olduğumuz makalenin yazar(lar)ı olarak ben/bizler aşağıdaki konuları taahhüt ederiz:

- Bu makale tarafımı/ tarafımızdan yapılmış özgün bir çalışmadır.
- Yazar/Yazarlar olarak makalenin sorumluluğunu üstlenirim/üstleniriz.
- Bu makale başka bir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere herhangi bir yere yollanmamıştır.
- Yazar/Yazarlar gönderilen makaleyi görmüş ve sonuçlarını onaylamıştır.

Yukarıdaki konular dışında yazar(lar)ın aşağıdaki hakları ayrıca saklıdır:

- Telif hakkı dışındaki patent hakları yazar/yazarlara aittir.
- Yazar/Yazarlar makalenin tümünü kitaplarında ve derslerinde, sözlü sunumlarında ve konferanslarında kullanabilir.
- Satış amaçlı olmayan kendi faaliyetleri için çoğaltma hakları vardır.

Bunun dışında, makalenin çoğaltılması, postalanması ve diğer yollardan dağıtılması, ancak bilim ve yayın kurulunun izni ile yapılabilir. Makalenin tümü veya bir kısmından atıf yapılarak yararlanılabilir.

Ben/Biz bu makalenin, etik kurallara uygun olduğunu ve belirtilen materyal ve yöntemler kullanıldığında herhangi bir zarara ve yaralanmaya neden olmayacağını bildiririz.

Makaleye ait tüm materyaller (kabul edilen veya reddedilen fotoğraflar, orijinal şekiller ve diğerleri), bilim ve yayın kurulunca bir yıl süreyle saklanacak ve daha sonra imha edilecektir.

Bu belge, tüm yazar/yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Bütün imzalar, ıslak imza olmalıdır.

*Yazar(lar) Adı ve Soyadı	Adresi	Tarih	İmza

*Satır sayısı, yazar sayısı kadardır. Yetersizse artırılabilir.

Makalenin Editörler Kurulunca yayına kabul edilmemesi durumunda bu belge geçersizdir.



Makaleler, A4 (210 mmx297 mm) boyutunda 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Sayfanın sağında, solunda, altında ve üstünde 2.5'er cm boşluk bırakılmalı ve yazılar sağa-sola dayalı olmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve akademik unvan belirtilmemelidir. Türkçe hazırlanan makaleler Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır.

Makale: Türkçe Başlık, Türkçe Öz, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, Abstract, Keywords, Giriş, Materyal ve Metot, Araştırma Sonuçları, Tartışma, Teşekkür (varsa), **Kaynaklar** bölümlerinden oluşmalıdır. Bölüm adları koyu yazılmalıdır. Varsa her bir şekil ve tablolar makale içerisinde bahsedildikleri yerden sonra sırayla yerleştirilmelidir.

Başlık: Kısa ve açıklayıcı olmalı, 14 punto ve koyu, kelimelerin ilk harfi büyük olmalı, ortalanarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılmalı, 14 punto ve koyu yazılmalıdır.

Öz: Türkçe ve İngilizce özlere her biri 300 kelimeyi geçmemelidir. Türkçe ve İngilizce özlere sırasıyla "Öz" ve "Abstract" kelimeleri kullanılmalıdır. Öz, çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir. **Öz ve Abstract kısımlarında kesinlikle referans kullanılmamalıdır.**

Anahtar Kelimeler: Özlere 1 satır altına, her anahtar kelimenin ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 6 anahtar kelime yazılmalıdır.

Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

Materyal ve Metot: Bu bölümde makalede kullanılan materyal ve metot açıkça belirtilmelidir.

Araştırma Sonuçları: Elde edilen sonuçlar verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle desteklenerek bulgular açıklanmalıdır. Elde edilen bulgular tekrardan kaçınılması amacıyla ya çizelge ya da grafik olarak verilmelidir. İstatistik olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. İstatistik analiz yönteminin doğru seçilmediği ve/ya analizin gereği gibi yapılmadığı durumlarda editörler kurulu makaleyi değerlendirme dışında tutabilir.

Tartışma: Bulgular çalışma ile ilgili güncel makalelerle tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıklanmalıdır.

Teşekkür: Mümkün olduğunca kısa olmalı ve yapılan katkı ifade edilerek verilmelidir.

Kaynaklar: Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde "(Yazarın soyadı, yıl)" yöntemine göre yapılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay, 2006), (Yıldızıtugay ve Küçüköğdük, 2012). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır. Örnek: Yıldızıtugay (2006)'a göre ya da Bağcı ve Küçüköğdük (2000). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atıfta Türkçe makalelerde "ve ark." ; İngilizce makalelerde "et al." kullanılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay ve ark., 2014), (Yıldızıtugay et al., 2014) veya Özfidan-Konaklı ve ark. (2015)'e göre. Aynı yazarın aynı yıl içinde 1'den fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir. Örnek: (Yıldızıtugay ve ark., 2014a). Aynı yazarın birden fazla yayınına atıf yapılacaksa yıldan sonra noktalı virgül (;) işareti ile ayırt edilmelidir. Örnek: (Yıldızıtugay, 2012; 2013; 2014). Birden fazla atıf yapılırsa atıflar arasında noktalı virgül (;) kullanılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay ve Küçüköğdük, 2012; Yıldızıtugay ve ark., 2014; Yıldızıtugay, 2006).

Kaynaklar bölümünde metin içinde atıf yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri italik yazılmalıdır. **Kongre kitaplarında Türkçe ya da yabancı dilde özeti yayınlanmış çalışmalara atıf yapılamaz.** Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Dergi:

Asada K (2006). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 50: 601-639.

Madhava Rao KV and Sresty TVS (2000). Antioxidative parameters in the seedlings of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] in response to Zn and Ni stresses. *Plant Sci* 157: 113-128.

Liu ZJ, Guo YK, Bai JG (2010a). Exogenous hydrogen peroxide changes antioxidant enzyme activity and protects ultrastructure in leaves of two cucumber ecotypes under osmotic stress. *J Plant Growth Regul* 29: 171-183.

Kitap:

Kılınç M, Kutbay HG (2008). Bitki Ekolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara.

Odum EP (1971). Fundamentals of Ecology, Third Edition, W.B. Saunders Company, London.

Kitabın Bir Bölümü:

Babaoğlu M, Yorgancılar M, Akbudak MA (2001). Doku kültürü: temel laboratuvar teknikleri. (Editörler M. Babaoğlu, E. Gürel, S. Özcan), *Bitki Biyoteknolojisi Cilt I Doku Kültürü ve Uygulamaları*, S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya, s. 1-35.

Eteve G (1985). Breeding for tolerance and winter hardiness in pea. In Hebblethwaite PD, Heath MC, Dawkins TCK (Eds) *The pea Crop: A Basis for Improvement*. Butterworths, London. UK, pp. 131-136.

Yazarı Belirtilmeyen Kurum Yayınları:

TÜİK (2012). Tarım İstatistikleri Özeti. Türkiye İstatistik Kurumu, Yayın No: 3877, Ankara

İnternette Alınan Bilgi:

FAO (2013). Production and trade statistics. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-trade/en/> (Erişim tarihi:02.10.2013)

Şekiller ve Tablolar: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Tablo" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve tablolar makalenin içine yerleştirilmelidir. Şekil ve tabloların boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve tabloların boyutu baskıda çıkabilecek çözünürlükte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpeg" formatında olmalıdır. Her tablo ve şekle metin içerisinde atıf yapılmalıdır. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (**Tablo 1** ve **Şekil 1**). Tablo ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Şekil ve tablo başlık yazıları 10 punto, şekil ve tabloların içindeki yazılar 9 punto, tablo altı yazılar 8 punto Times New Roman yazı karakterinde olmalıdır. Tablo ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (System International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (m/s yerine m s⁻¹, J/s yerine J s⁻¹, kg m/s² yerine kg m s⁻² gibi). Sayı ile sembol arasında bir boşluk bırakılmalıdır (4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C gibi). Bu kuralın istisnaları düzensel açılar için kullanılan derece, dakika ve saniye sembolleridir (°, ' ve "). Bunlar sayıdan hemen sonra konmalıdır (10°, 45', 60" gibi). Litrenin kısaltması "l" olarak belirtilmelidir. Cümle sonunda değilse sembollerin sonuna nokta konulmamalıdır (kg, değil kg).

Formüller: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüllerin yazılmasında Word matematik işlemcisi kullanılmalı, ana karakterler 12 punto, değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1" biçiminde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1' de verilmiştir).

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi

Fen Dergisi Editörlüğü

42130 Kampüs/KONYA

Faks: 0 332 241 24 99

E-mail: selcukfendergi@gmail.com

Web Sayfası: <http://dergipark.gov.tr/sufefci>

Pleurotus ostreatus'un Misel Gelişmesine Sitokinlerin Etkisi

Zeynep AY¹, Gıyasettin KAŞIK^{2*}, Sinan ALKAN²

¹Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, KONYA

²Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, KONYA

*giyasettinkasik@hotmail.com

Öz: Bu çalışmada *Pleurotus ostreatus*'un misel gelişimi üzerine sitokin olarak 6N-benzil adenin (BA) ve kinetin (Kin)'in etkisi araştırılmıştır. Besi yeri olarak malt ekstrakt agar (MEA) ve agar agar (AA) kullanılmıştır. Malt ekstrakt agar ve agar agara sitokinlerin %0.1, 0.3 ve 0.5 konsantrasyonları ilave edilerek otoklavda steril hale getirilmiştir. Ortamlar biyogüvenlik kabini içerisinde steril edilmiş petrilere dökülerek katılaşmaları sağlanmıştır. Besi yerlerine misel ihtiva eden 1 cm çapında kültür ilavesi yapılmış ve etüve alınmıştır. Belli zaman aralıklarıyla miselyum gelişmeleri alansal olarak çizilmiştir. Çalışma, miselyumun petrinin toplam alanını dolduruncaya kadar devam ettirilmiştir. Çalışma sonucunda her iki besiyerindeki kontrol gruplarına göre, MEA+%0.5 Kin ile AA+%0.5 BA içeren petrilere diğer kombinasyonlara göre daha erken bir gelişme tespit edilmiştir. MEA besiyerinde gelişme sık-yoğun iken AA besiyerinde zayıf-seyrek bir gelişme gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Pleurotus ostreatus*, Kinetin, Benzil adenin, Misel gelişmesi

The Effect of Cytokines on Mycelium Growth of *Pleurotus ostreatus*

Abstract: In this study, the effect of 6-benzyl adenine (BA) and kinetin (Kin), known as cytokinin, on the development of micelle of *Pleurotus ostreatus* was investigated. Malt extract agar (MEA) and agar agar (AA) were used as a feedstock. By adding 0.1%, 0.3% ve 0.5% doses of cytokinins to MEA and AA were sterilized in the autoclave. The nutrients were poured into the pre-sterilized petri dishes in the biosafety cabinet and solidified. 1 cm diameter mushroom culture was added to the feedstock and petri dishes were taken to the incubator. The development of mycelium at certain time intervals has been drawn. Work continued until the mycelium had filled the total surface area of the feedstock. According to the experimental results, it was found that the earlier development has been detected from the petri dishes containing with MEA added with 0.5% Kin and AA added with 0.5% BA, compared to the control groups on both feedstock. While growth in MEA medium was frequent-dense, weak-sparse development was observed in AA medium.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, Kinetin, Benzyl adenin, Mycelium development

1. Giriş

Son yıllarda kültür mantarı olarak üretim ve tüketimi hızlı bir şekilde artan *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. 1871 türü ile ekonomik açıdan kültür mantarcılığının önemli bir unsuru haline gelmiştir. *Agaricus bisporus* (JE Lange)

Imbach'tan sonra ülkemizde yer edinmeye çalışan bu mantar türü üretim miktarı bakımından ikinci sıradadır (Eren ve Pekşen, 2016). *Pleurotus ostreatus* ticari olarak "istiridye mantarı" olarak bilinmekle birlikte halk arasında "kayın mantarı, kavak mantarı, ceviz mantarı, köknar mantarı" gibi isimlerle

de bilinmektedir. *Pleurotus ostreatus* türü doğal olarak yapraklı ağaçların odunları ve diğer bitkisel artıklar üzerinde gelişebilmekte olup, bu da kültüründe birçok hammaddenin kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır (Evciman ve ark., 2018).

İstiridye mantarı gibi diğer pek çok kültür mantarlarının da çeşitli kompostlarda yetiştirilebilmesi için öncelikle mantarların tohumluk misellerinin elde edilmesi gerekmektedir. Tohumluk misellerin elde edilmesi için farklı besi yerlerinde steril ortamlarda doku kültürü yapılmalıdır (Önay ve ark., 2018).

Kültür mantarcılığında misel gelişmesi önemli bir aşama olup, bu sanayi kolunun gelişmesi ve ilerlemesi için yapılan çalışmaların önemli bir katkı sağlayacağı açıktır.

Sitokininler hücre bölünmesini başlatan hormonlardır. Aktif hücre bölünmesine sahip tüm dokular yüksek miktarda sitokinin içermektedir (Çetin, 2002). Sitokininler adından da anlaşılacağı (cytokinensis = hücre bölünmesi) gibi hücre bölünmesinde etkili olarak doku ve organ farklılaşmasında görev yaparlar (Algül ve ark., 2016). İlk bitkisel kökenli sitokinin mısır tohumlarından izole edilen zeatindir. Zeatin, dihidrozeatin, izopentenil adenin (2İP) ve dimetilaliladenin doğal olarak sentezlenen sitokininler olup, bunların yanında kinetin (N6 furfurilamino purin), benziladenin (BA) ve tetrahidropiranilbenzil

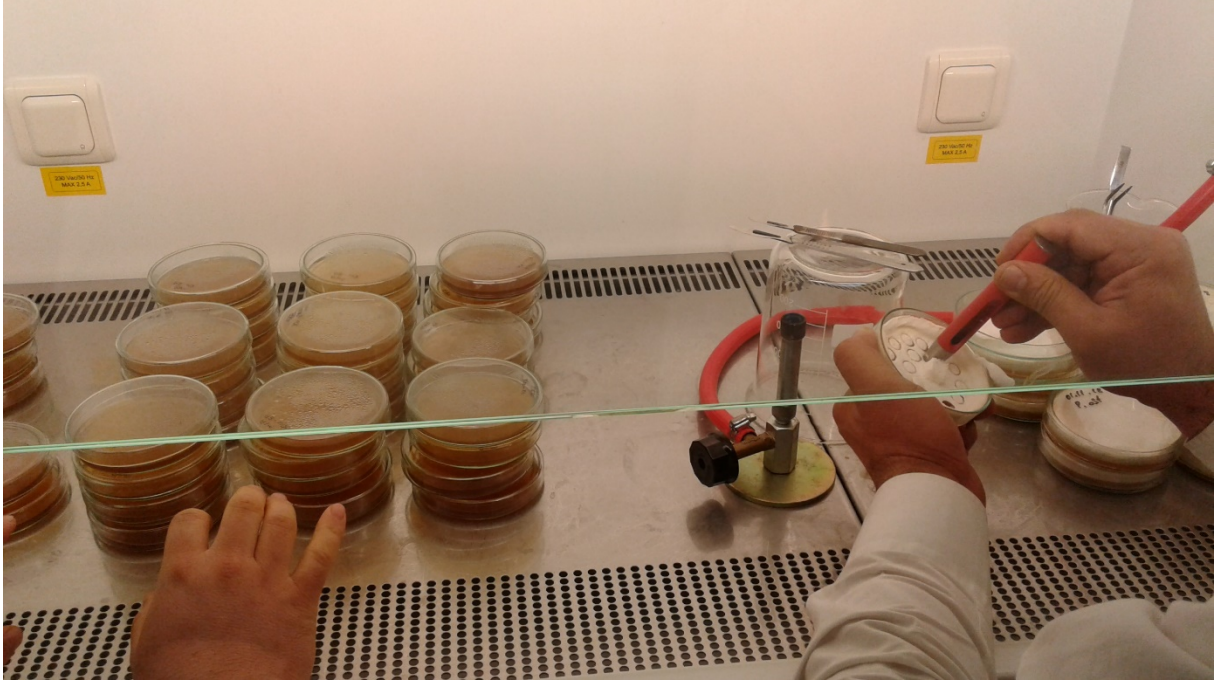
adenin (PBA) sentetik sitokininlerdir (Ünsal, 1993).

Sitokininler bitkisel büyüme hormonları olup, hücre bölünmesini teşvik etmesi mantarlarda da etkisinin olabileceği olasılığı çalışmanın yapılmasında önemli rol oynamıştır. Bu çalışmada *Pleurotus ostreatus*'un misel gelişimi üzerine sitokininlerden 6N-benzil adenin (BA) ve kinetin (Kin)'in etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma materyalini Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü Misel Üretim Laboratuvarında doku kültüründen elde edilen miselyum oluşturmaktadır. Besiyeri olarak MEA ve AA besi yerleri kullanılmıştır. Çalışmada sitokinin olarak kinetin ve 6N-benziladeninin %0.1, 0.3 ve 0.5 konsantrasyonları kullanılmıştır. Otoklavda 1 atm basınçta 121 °C' de 15 dk steril edilmiş besi yerleri ve pastör fırınında steril edilmiş petrilere biyogüvenlik kabineye yerleştirilmiş ve 15 dk UV ışığına maruz bırakılmıştır. Ardından besi yerleri bunzen beki alevi yanında petrilere eşit olarak dökülmüştür. Besiyerlerinin biyogüvenlik kabineye katılmasının ardından misel aktarılma işlemi yapılmıştır. Daha önceden elde edilen *Pleurotus ostreatus* miselyumundan 1 cm çapındaki mantar delici kullanılmak suretiyle tüm petrilere

aktarılan miktarın eşit olması sağlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Biyogüvenlik kabininde misel aktarımı

Aktarımı yapılan besi yerleri misel gelişimi için ortalama 20-22 °C'de inkubasyona bırakılmıştır. Petrilere aktarılan miselyum içeren besiyeri parçasının ve 48 saat arayla meydana gelen misel gelişmesinin özel olarak diyazn edilmiş düzenekte alansal çizimi yapılmıştır. Miselyum gelişmesi petri alanını dolduruncaya kadar alan çizimlerine devam edilmiştir. Alan çizimlerinin ardından alan hesaplaması yapılarak gelişme süreleri ve alansal değerler çıkarılmıştır. Denemeler her kombinasyon için en az 9, en fazla 12 petri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. MEA besiyerinde toplamda 82 petri, AA besiyerinde ise 81 petri kullanılarak denemeler yapılmıştır.

3. Bulgular

Petrilerde tespit edilen tamamlama süreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Petrilerdeki miselyum gelişmelerinin tamamlandığı süreler incelendiğinde BA ilave edilen MEA besiyerinde en erken 10. günde en geç ise 12. günde gelişmenin tamamlandığı görülmüştür. Genel olarak miselyum gelişmesinin 12. günde tamamlandığı belirlenmiştir.

Kinetin ilave edilen MEA besiyerinde ise yine en erken gelişmenin 10. günde en geç ise %0.3 Kin ilave edilen petride 14. ve 16. günlerde tamamlandığı görülmüştür.

BA ilave edilen AA besiyerinde en erken 8. günde en geç ise 10. günde tamamlanmanın gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 1. Miselyumun petri alanlarını tamamen kapladığı süreler

		8.gün	10.gün	12. gün	14.gün	16.gün
BA	MEA Kontrol		4	7		
	MEA %0.1		1	11		
	MEA %0.3		2	10		
	MEA %0.5		1	11		
Kin	MEA %0.1		3	7	1	
	MEA %0.3		1	8	2	1
	MEA %0.5		6	6		
	AA Kontrol	2	10			
BA	AA %0.1	3	6			
	AA %0.3	6	6			
	AA %0.5	7	5			
Kin	AA %0.1	2	10			
	AA %0.3	5	7			
	AA %0.5	1	10	1		

MEA-Malt Ekstrakt Agar, AA-Agar agar

Petrilerdeki miselyum gelişmelerinin tamamlandığı süreler incelendiğinde BA ilave edilen MEA besiyerinde en erken 10. günde en geç ise 12. günde gelişmenin tamamlandığı görülmüştür. Genel olarak miselyum gelişmesinin 12. günde tamamlandığı belirlenmiştir.

Kinetin ilave edilen MEA besiyerinde ise yine en erken gelişmenin 10. günde en geç ise %0.3 Kin ilave edilen petride 14. ve 16. günlerde tamamlandığı görülmüştür.

BA ilave edilen AA besiyerinde en erken 8. günde en geç ise 10. günde tamamlanmanın gerçekleştiği görülmektedir.

Petrilerin çoğunluğunda 10. günde gelişmenin tamamlandığı görülmüştür.

Kinetin ilave edilen AA besiyerinde ise yine en erken gelişmenin 8. günde tamamlandığı, en geç ise %0.5 kinetin ilave edilen petride 12. günde görülmüştür.

Bu çalışmada petrilerde meydana gelen günlere bağlı alansal gelişmelerin ortalamaları Çizelge 2’de verilmiştir. Ortalamalar alınırken ilk tamamlanan petri süresi dikkate alınmış, sonraki gelişmeler dikkate alınmamıştır.

Çizelge 2. Petirlerde zamana bağlı olarak meydana gelen gelişme miktarları (cm²)

		0.gün	2.gün	4.gün	6.gün	8.gün	10.gün
BA	MEA Kontrol	0.785	0.463	1.955	12.065	17.432	24.906
	MEA %0.1	0.785	0.280	1.784	9.286	15.451	21.521
	MEA %0.3	0.785	0.502	1.969	11.045	18.561	22.417
Kin	MEA %0.5	0.785	0.288	2.482	10.056	18.546	20.672
	MEA %0.1	0.785	0.690	2.959	11.133	17.578	22.719
	MEA %0.3	0.785	0.412	1.969	9.398	14.442	21.656
BA	MEA %0.5	0.785	0.564	2.117	12.543	18.718	24.346
	AA Kontrol	0.785	0.619	7.241	19.100	26.833	
	AA %0.1	0.785	0.526	8.474	20.215	27.096	
Kin	AA %0.3	0.785	0.602	8.608	20.349	25.913	
	AA %0.5	0.785	0.640	9.583	20.854	29.432	
	AA %0.1	0.785	0.687	8.986	21.600	24.523	
Kin	AA %0.3	0.785	0.652	8.687	20.443	29.018	
	AA %0.5	0.785	0.371	6.027	16.870	24.820	

En yüksek ve en düşük gelişme gösteren miktarlar kırmızı renkte gösterilmiştir.

Petrilerde günlere bağlı olarak meydana gelen gelişme miktarları incelendiğinde bütün denemelerde 2, 4, 6, 8 ve 10. günlere doğru artış olduğu gözlemlenmiştir.

Petrilerde tespit edilen tamamlama sürelerinin yüzde olarak değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Miselyumun petri alanlarını tamamen kapladığı sürelerin yüzde oranları

		8.gün	10.gün	12. gün	14.gün	16.gün
BA	MEA Kontrol		36.36	63.64		
	MEA %0.1		8.33	91.67		
	MEA %0.3		12.66	87.34		
	MEA %0.5		8.33	91.67		
Kin	MEA %0.1		27.27	63.63	9.10	
	MEA %0.3		8.33	66.67	16.67	8.33
	MEA %0.5		50.00	50.00		
BA	AA Kontrol	16.67	83.33			
	AA %0.1	33.33	66.67			
	AA %0.3	50.00	50.00			
	AA %0.5	58.33	41.67			
Kin	AA %0.1	16.67	83.33			
	AA %0.3	41.67	58.33			
	AA %0.5	8.33	83.34	8.33		

Petrilerdeki gelişmenin tamamlandığı süreler dikkate alınarak toplam denemelere

göre yüzde oranları incelendiğinde; MEA besiyerine benziladenin ve kinetin ilavesi

yapılan ve kontrol denemelerinde en fazla gelişmenin tamamlandığı sürenin 12. gün olduğu, AA besiyerine ilave edilen benziladenin ve kinetin ilavesi yapılan denemelerde en fazla gelişmenin tamamlandığı sürelerin kontrol grubunda ve % 0.1 ve % 0.5 kinetin ilave edilen petrilere 10. gün olduğu gözlemlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Ülkemizde kültür mantarcılığı önce beyaz kültür mantarı açısından gelişme gösterirken, son yıllarda da *Pleurotus ostreatus* yetiştiriciliği yaygınlaşmaya başlamıştır. Son yıllarda *Pleurotus* cinsi ile yapılan çalışmalar misel gelişmesi, tohumluk misel elde edilmesi ve mantarın üretilmesinde verimlilik üzerine yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada misel gelişmesi ile ilgili verilerin değerlendirilmesine bakıldığında besi ortamına ilave edilen başlangıçtaki 1 cm²'lik miselyum içeren besi ortamının arkasından yapılan takip ve elde edilen alansal gelişme verileri miselyumun sürekli artan bir gelişme gösterdiği tespit edilmiştir.

En erken tamamlanan misel gelişmesi agar agar besiyerine ilave edilen denemelerde 8. gün olarak tespit edilmiştir. Ancak tüm deneme konsantrasyonlarında aynı gelişme gerçekleşmemiştir. Denemeler sonucunda %58.33'nün 8. günde petrilere tamamını saran agar agara ilave edilen

%0.5'lik benziladenin de gerçekleştiği görülmüştür. Malt ekstrakt agar ve agar agar besiyerleri petrilere yüzeyini kaplama açısından diğer besiyerlere göre daha erkencilik sağlamıştır. MEA besiyerine ilave edilen benziladenin içeren petrilere tüm denemeleri değerlendirildiğinde 4 denemede 10. gün, 32 denemede ise 12. gün sarmayı tamamlamıştır. MEA besiyerine ilave edilen kinetin içeren petrilere tümü değerlendirildiğinde 10 denemede 10. gün, 21 denemede ise 12. gün, 3 denemede 14. gün, 1 denemede 16. gün sarmayı tamamlamıştır. MEA kontrol grubunda ise 4 denemede 10 gün, 7 denemede ise 12. gün sarmayı tamamlamıştır. AA besiyerine ilave edilen benziladenin içeren petrilere tüm denemeleri değerlendirildiğinde 16 denemede 8. gün, 17 denemede ise 10. gün sarımı tamamlamıştır. AA besiyerine ilave edilen kinetin içeren petrilere tümü değerlendirildiğinde 8 denemede 8. gün, 27 denemede ise 10. gün, 1 denemede 12. gün sarımı tamamlamıştır. AA kontrol grubunda ise 2 denemede 8. gün, 10 denemede ise 10. gün sarmayı tamamlamıştır. Çalışma sonuçlarında en iyi zaman açısından en iyi sonuçlar AA besiyerine ilave edilen benziladenin ve kinetin içeren denemelerde elde edilmiştir.

Çalışmada MEA besiyerinde miselyumun sık ve yoğun, AA besiyerinde

içe seyrek ve yüzeysel olduğu tespit edilmiştir.

Yıldız (1998) yapmış olduğu çalışmada, misellerin vejetatif çoğaltımı için hazırlanan ve 1 lt saf suda, 10 g malt-ekstrakt ve 15 g agar içeren besin ortamına, arpa kırması ve buğday unundan 10, 15 ve 20 gr'lık dozlar katkı maddesi olarak ilave ederek hazırladığı besi yerlerine *Pleurotus florida* aşılama ve gelişimlerini gözlemlemişlerdir. Yine Yıldız (2000) yapmış olduğu çalışmada *Pleurotus florida*'nın mısır nişastası ve malt ekstrakt besi yerlerinde gelişim hızlarını karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. Kalmış ve Kalyoncu (2007) *Pleurotus ostreatus*'un misel gelişim hızına meşe odunu parça büyüklüğünün etkisi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda tüm ölçüm değerleri incelendiğinde meşe talaşı kullanımının farklı boyutlardaki meşe odunu parçası kullanımına göre yaklaşık olarak % 50 oranında daha hızlı misel ilerlemesine yol açtığını tespit etmişlerdir. Kalyoncu ve ark. (2008)'nin yapmış oldukları çalışmada 8 farklı makrofungus türüne ait misellerin farklı içerikteki besi yerlerinde sergiledikleri büyüme değerlerini araştırmışlardır. Besi yeri olarak; Patates Dekstroz Agar (PDA),

Hagem ortamı (HO), Minimal ortam (MO) ve Malt Ekstrakt Agar (MEA) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda her bir makromantar türü için gelişme değerleri tespit edilmiştir.

Önay ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada *Pleurotus ostreatus* mantarının misel gelişmesine MEA ve patates dekstroz agar (PDA) besiyerlerine humik maddelerin ilavesinin misel gelişmesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda en hızlı gelişimin PDA'da %1 hümkik madde, MEA'da ise %0.5 ve %1 hümkik madde eklenen besi yerlerinde 8. gün olarak tespit edilmiş olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, çalışmamızda yoğun miselyum gelişimi için MEA+Kin %0.5 besiyeri, yüzeysel gelişim için ise AA+BA %0.5 besiyeri tercih edilebileceği, ayrıca benzer çalışmaların sonuçlarına bakıldığında besiyerlerine ilave edilen mantarın kullanabileceği maddelerin bulunması durumunda misel gelişmesini olumlu yönde teşvik edeceği anlaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 18201156 nolu proje ile destekleyen Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Algül BE, Tekintaş FE, Dalkılıç GG (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini artırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2): 87–95.
- Çetin V (2002). Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (2): 40–50.
- Eren E, Pekşen A (2016). Türkiye’de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Tür Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(3): 189–196.
- Evciman A, Alkan S, Kaşık G (2018). *Pleurotus ostreatus* kültüründe *Populus* türlerinin kabuklarının kompost ana ham maddesi olarak kullanma imkanlarının araştırılması. II. *International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 75–79, 11-15/09/2018-Azerbaycan-Bakü.
- Kalmış E, Kalyoncu F (2007). *Lentinula edodes*’in misel gelişim hızı üzerine meşe odunu parça büyüklüğünün etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7(2): 45–52.
- Kalyoncu F, Kalmış E, Solak MH (2008). Bazı makrofungus türlerine ait misellerin farklı kültür ortamlarındaki gelişim hızlarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 12(2): 109–114.
- Önay AO, Kaşık G, Alkan S, Öztürk C (2018). *Pleurotus ostreatus*’un misel gelişmesine humik maddelerin etkisinin araştırılması. II. *International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 22–29, 11-15/09/2018-Azerbaycan-Bakü.
- Ünsal PN (1993). *Bitki büyüme maddeleri*. İstanbul Üniversitesi, Enstitü yayın no:4 İstanbul.
- Yıldız A (1998). Farklı katkı maddelerinin değişik oranlarının *Pleurotus florida* Fovose’nin misel gelişimi, basidiokarplarının oluşum ve gelişim süreleri ile verim miktarı üzerine etkileri. *Tr J of Biology* 22: 127–142.
- Yıldız A (2000). Malt Ekstrakt ve mısır nişastasının *Pleurotus florida* Fovose misellerinin vegetatif gelişmesi ve morfolojisi üzerine etkileri. *Tr J of Biology* 24:113–118.

Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa İllerinden Belirlenen Afit Türlerinin Türkiye Afit Faunasına Katkıları Açısından Değerlendirilmesi

Gazi GÖRÜR^{1*}, Özhan ŞENOL¹, Hayal AKYILDIRIM BEĞEN²

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, NİĞDE

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, ARTVİN

* gazigorur@yahoo.com

Öz: Ülkemizin Doğu Anadolu bölgesinden bulunan Malatya ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Adıyaman ve Şanlıurfa illerinin afit faunasının belirlenmesini amaçlayan çalışma kapsamında 2015-2018 yılları arasında gerçekleştirilen örneklemlerle çalışma alanından 222 afit türü belirlenmiştir. Bu türlerden 45 tanesinin Türkiye afit faunası için yeni kayıt olduğu, ülkemiz afit faunasına yaklaşık %9 oranında katkıda bulunduğu ve Türkiye faunasının tür sayısının bu kayıtlarla 550'e yükseldiği belirlenmiştir. Örneklemlerin yaklaşık 125 farklı konak bitki üzerinden yapıldığı, afit türlerinin 2 familya, 11 alt familya, 13 tribus ve 67 cinse dahil oldukları ve *Aphis* cinsinin 31 türle en fazla tür içeren cins olduğu, Macrosiphini tribusunun ise 28 cinse en fazla cinse sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler çalışma alanından bu zamana kadar gerçekleştirilen en detaylı çalışma olup, faunistik, ekolojik ve biyoçeşitlilik açısından önemli veriler ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Afit, Biyoçeşitlilik, Konak bitki

Evaluations of the Aphid Species Determined in Adıyaman, Malatya and Şanlıurfa Provinces for Contribution to Turkey Aphid Fauna

Abstract: As a result of the study carried out from 2015 to 2018 aimed to find out aphid fauna of Malatya Province that was located in the Eastern Region and Adıyaman ve Şanlıurfa Provinces located in South Eastern region of Turkey, 222 aphid species were determined from study area. 45 of these identified species were new records, there was 9 % contribution and number of the aphid species in Turkey aphid fauna increased to 550. Aphid species were sampled on about 125 host plant species. Determined aphid species belongs to 2 family, 11 subfamily, 13 tribe, 67 genera and *Aphis* has the highest species number with 31 and Macrosiphini has the highest number of genera with 28. Findings of the conducted study is the first detailed study in refered area and evaluated in the aspects of ecological, faunistic and biodiversity.

Keywords: Aphid, Biodiversity, Host plant

1. Giriş

Küresel iklim değişikliklerinin ekolojik, ekonomik, biyoçeşitlilik ve tarımsal üretim açısından etkilerinin ortaya konulabilmesi için ülkelerin mevcut durumunun ortaya çıkarılması son zamanlarda daha büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda ülkemiz bulunduğu coğrafik bölge ve lokalizasyonu nedeniyle küresel iklim değişikliği etkilerine en çok maruz kalacak bölgelerden biri olarak görülmektedir. Bu nedenle de ülkemiz afit faunasının belirlenmesi çalışmaları biyoçeşitlilik, ekolojik, tarımsal bilimler ve

uygulamalı bilimler açısından önem arz etmektedir. Türkiye biyocoğrafik özelliklerinin sunmuş olduğu avantajla birçok bitkinin anavatanı olması, yaklaşık %32 gibi bir oranda oldukça yüksek endemik bitki türü sayısının bulunması, farklı iklim tiplerinin görülmesi, kıtalar arasında geçiş konumu gibi kendine özgü özellikleri nedeniyle afitlerin yayılımı ve çeşitliliği açısından önemli bir alan oluşturmaktadır (Görür ve ark., 2012). Afidler kısa erginleşme süreleri, döngüsel partenogenezle çoğalmaları, pestisitlere karşı hızlı ve yüksek oranda dayanıklılık kazanmaları, konak bitkinin fiziksel ve kimyasal değişimine ve iklimsel koşullara kısa sürede uyum gösterebilecek yüksek düzeyde fenotipik plastisiteye sahip olmaları, uygulanan birçok mücadele yöntemine rağmen zarar oranlarını artırmaları ve yayılım alanlarını genişletmeleri nedeniyle oldukça önemli bir gruptur (Kindlmann ve ark., 2010).

Insecta sınıfının Hemiptera ordosunun Sternoryncha altordosu Aphidoidea üst familyası içerisinde yer alan afidler direkt olarak bitki özsuyundan beslenen, dünya genelinde son veriler çerçevesinde yaklaşık 5100 tür ve 510 cinsle temsil edilen ve yaklaşık 87.000 bitki türü üzerinde beslenen önemli bir tarım zararlısıdır. Uygulanan değişik mücadele yöntemlerine rağmen gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık %40-45, gelişmiş ülkelerde %30 oranında ürün

kaybına neden oldukları bilinmektedir. Bu zamana kadar belirlenmiş türlerden yaklaşık 205 tanesi dünya genelinde ciddi tarım zararlısı olarak değerlendirilmektedir (Blackman ve Eastop, 2018; Favret, 2018; Nieto Nafria, 2018). Türkiye afit faunasıyla ilgili ilk çalışmalar, 1900'lü yılların başlarında temel bazı çalışmalarla başlamış ve genel bazı bilgiler verilmiştir. Ülkemiz afit faunasıyla ilgili çalışmalar 1950'li yıllardan itibaren göreceli olarak artmaya başlamış, hem yabancı araştırmacılar hem de ülkemiz araştırmacıları tarafından çok detaylı olmasa da afidler dağılışı, lokalite ve konak bitkileri ile ilgili bilgiler sunulmuştur (Bodenheimer ve Swirsky, 1957; Tuatay ve Remaudiere, 1964). Bu çalışmalarla belirlenen 219 türden 120 tanesinin Türkiye afit faunası için yeni kayıt olduğunu belirtmişlerdir ve bu araştırmacılar belirlenen bu sayının Türkiye afit faunasının ancak 1/8 veya 1/4'ünü temsil ettiğini ileri sürmüşlerdir. Çanakçıoğlu (1975), Türkiye afit faunasıyla ilgili olarak uluslararası literatürde bilinen "The Aphidoidea of Turkey" adlı kitabında daha önce yapılan çalışmaları özetlemiş ve ülkemiz afit faunası için 258 tür belirtmiştir. Bu temel araştırmaları takiben çok detaylı olmamakla birlikte Ankara, Çukurova bölgesi, Kahramanmaraş, Konya, kısmen Güneydoğu Anadolu illeri, Tekirdağ, Van illerinde gerçekleştirilen çalışmalarla ülkemiz afit faunası için yeni kayıtlar

belirlenmiş ve 2000’li yıllara gelindiğinde Türkiye afıt faunasının 315 türle temsil edildiği ortaya konulmuştur (Düzgüneş ve ark., 1982; Tuatay, 1991, 1993, 1999; Elmalı ve Toros, 1996; Ölmez, 2000). Bu çalışmalardan sonra Doğu Akdeniz bölgesinde (Adana, Osmaniye, Hatay ve İçel) gerçekleştirilen çalışma ile 7 tür, Niğde yöresinde gerçekleştirilen çalışmalarla 7 tür, *Betula* bitkisinden 3 tür, Kahramanmaraş ilinden 3 tür, Ankara ilinde süs bitkileri üzerinden 11 tür ülkemiz afıt faunasına değişik araştırmacılar tarafından yeni kayıt olarak eklenmiştir (Uygun ve ark., 2001; Görür, 2002, 2004a, b; Toros ve ark., 2003; Topper ve Çanakçıoğlu, 2003; Aslan ve Uygun, 2005; Özdemir ve ark., 2005). Remaudiere ve ark. (2006) tarafından daha önce gerçekleştirilen tüm çalışmaların değerlendirilmesiyle Türkiye afıt faunasının 417 türle temsil edildiği ortaya konulmuş, aynı periyotta Uysal ve ark. (2006) 1 türü, Kaygın ve ark. (2008) Bartın yöresinden 2 türü ve Çıraklı ve ark. (2009) Denizli’den 2 türü ülkemiz afıt faunasına kazandırılmıştır. Ülkemiz afıt faunasıyla ilgili olarak 2007-2009 yılları arasında TUBİTAK destekli olarak yürütülen Trabzon-Rize-Artvin illerinin afıt faunasının belirlenmesi konulu proje çerçevesinde 164 tür belirlenmiş, 5 cins ve 42 tür Türkiye afıt faunası için yeni kayıt olarak tespit edilmiş ve sonuçlar Görür ve ark. (2009a,b, 2011a,b) tarafından yayınlanmıştır. Eser ve ark. (2009) İzmir-

Urta’dan 2 türü yeni kayıt olarak Türkiye afıt faunasına kazandırmışlardır. Akyürek ve ark. (2010), Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüs alanından ülkemiz afıt faunası için yeni kayıt olan 8 tür belirlemiştir. Topper Kaygın ve Yıldız (2010), Bartın ilinden 1 türü yeni kayıt olarak eklemiştir. Akyıldırım (2010), tarafından İstanbul-Büyükdada’dan 2 tür Türkiye afıt faunasına kazandırılmıştır. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar Remaudiere ve ark. (2006), Görür ve ark. (2012), Şenol ve ark. (2014), Şenol ve ark. (2015a, b) tarafından özetlenmiş ve ülkemiz afıt faunasının yaklaşık 3 familya, 141 cins, 530 tür ve 12 alttürle temsil edildiği gösterilmiştir. Barjadze ve Özdemir (2014) tarafından *Rhododendron* sp. bitkisi üzerinden daha önce toplanan müze örneklerinin incelenmesi sonucu 1 yeni cins ve 1 yeni tür ve Barjadze ve ark. (2014) tarafından 2 yeni tür daha Türkiye afıt faunasına kazandırılmıştır ve Türkiye afıt faunası 533 türle temsil edilir duruma gelmiştir. Kanturski ve ark. (2017), *Myzaphis* cinsinden 3 yeni tür ülkemiz afıt faunasına dahil etmiştir. Son olarak gerçekleştirilen çalışmalarla ülkemiz afıt faunasının 550’den fazla türle temsil edildiği belirlenmiştir (Görür ve ark., 2017; Şenol ve ark., 2017). Ülkemiz afıt faunasını genel hatlarıyla ortaya koyan bilgilere ilaveten son yapılan çalışmalarda belirlendiği gibi gerek ülkemize gerekse Avrupa kıtasına Kuzey

Amerika kökenli ve Uzak Asya kökenli afitlerin oldukça yüksek oranda geldikleri belirlenmiştir. Son yüzyıl içerisinde Avrupa'ya ulaşan afit türlerinin % 43.1'nin Kuzey Amerika, % 43.1'nin Asya, %5.9'unun Tropikler ve % 3.9'unun Afrika kökenli olduğu belirlenmiştir (Coourd'acier ve ark., 2010). Ülkemiz afit faunası zoocoğrafik açıdan değerlendirildiğinde de Türkiye afit faunasının da % 48.3'ünün Avrupa, %17.3'ünün Asya, %7.3'ünün Akdeniz, %7.1'inin Nearktik, yaklaşık %1.5'inin Uzak Asya kökenli olduğu, sadece % 2.4'ünün ülkemiz orjinli olduğu ortaya konmuştur Ülkemizde yaklaşık 50 afit türünün işgalci konumda olduğu ortaya konulmuştur (Akyıldırım ve ark., 2013).

Türkiye afit faunasının şu andaki mevcut sayısının her ne kadar hızla bu alanda çalışmalar gerçekleştirilse de gerçek rakamı yansıtmadığı düşünülmektedir. Örneğin, Türkiye'nin sadece yarısı (6000 tür) kadar bitki çeşitliliğine sahip olan İtalya afit faunası 856 türle temsil edilmektedir. Yaklaşık 6500 bitki türü ile temsil edilen İran afit faunası 486 türle, 4400 bitki türü ile temsil edilen Gürcistan afit faunası 320'den fazla türle temsil edilmektedir. Ülkemizden floristik açıdan oldukça fakir olan ve coğrafik olarak da oldukça küçük olan Romanya'nın afit türü sayısı yaklaşık 460 civarında belirtilmektedir. Bu nedenle Türkiye afit faunasının daha detaylı olarak ortaya çıkarılabilmesi için bu ve benzeri

çalışmalar Türkiye'nin farklı bölgelerinde yürütülmelidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanının Özellikleri

Çalışma alanını oluşturan Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illeri ülkemizin Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı içerisinde yer alan Adıyaman ili yeryüzü şekilleri bakımından oldukça çeşitlilik göstermektedir, yükseklikleri 2000 m'yi aşan dağlar, akarsular ve ovalar yer almaktadır. Ortalama yüksekliği 672 m'dir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi arasında bir köprü olan Adıyaman ili, kısmi olarak Akdeniz Bölgesinin özelliklerine de sahiptir. Yüksek kesimlerde meşe ormanları ve bu ormanların içinde ise çok zayıf bitki örtüsü vardır. Diğer kesimlerde ise tarım yapılamıyorsa mera, çayır, maki ve yabani ağaçlar vardır. Tarımsal ürün çeşitliliği oldukça yüksektir. Adıyaman ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 17.3 °C dir.

Denizden yüksekliği 900m olan Malatya, Doğu, Güneydoğu ve Orta Anadolu arasında yer alan bir ovadır. Doğu, Güneydoğu ve İç Anadolu iklim özelliklerini de görmek mümkündür. İldeki yüksek platolarda İç Anadolu'nun step iklimi gözlenir. Güney ovasında, Fırat-Dicle nehirleri arasının ılık iklimi ile Suriye

Çölü'nün yakıcı sıcaklarının etkisinde özel bir Akdeniz iklimi görülür. Dağlık bölgelerde ise, kışları soğuk olup, her iki bölgenin de etkisinde bulunan bir iklim hüküm sürer. İl arazisinin 367.253 hektarı (% 30)'u ormanlık ve fundalıklarla, 125.156 hektarı (% 10)'u ise çayır ve meralarla kaplıdır. İl topraklarının güneyini boydan boya kaplayan batı-doğu doğrultulu Malatya dağları, meşenin egemen olduğu bozuk nitelikli korular ve baltalıklar iyi nitelikli kuru ve baltalıklar bulunur. Malatya dağları üzerinde yer alan platolar ile Malatya ovasına yakın kesimlerde yer alan yarı ova nitelikli düzlükler, zengin çayır otları ile kaplıdır. Bu örtüye yer yer yabancı meyve araçları ile kaynak ve vadi boylarında kavak

ve söğütler katılmaktadır. Malatya ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 13.6 °C'dir.

Denizden yüksekliği yaklaşık 550 m civarında olan Şanlıurfa ilinde kara iklimi hüküm sürer. Yazlar uzun ve çok sıcak, kışlar çok soğuk geçer. Yaz ile kış, gece ile gündüz arasında ısı farkı fazladır. Nem oranı az olduğundan Türkiye'nin en sıcak ilidir ve GAP projesi ve barajların yapılması ile birlikte nem artışı da dikkat çekmektedir. Şanlıurfa topraklarının % 60'ı ekili ve dikili alanlardan ve % 38'i çayır ve meralardan oluşur. Ormanlık ve fundalık sahası çok az olup, % 0.6'dır. İl toprakları bozkır görünümündedir. Fakat arazi lâle, menekşe, papatya, kuzukulağı, semizotu, ebegümece ve hardal gibi bitkilerle kaplıdır. Şanlıurfa ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 18.3 °C'dir.



Şekil 1. Türkiye haritasında çalışma alanları Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerinin konumu

2.2. Örneklerin Toplanması, Korunması, Preparasyonu ve Teşhis İşlemleri

Proje çalışma alanını kapsayan Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illeri

sınırları içerisinde bulunan tarımı-kültürü yapılan ve doğal olarak yetişen tüm otsu ve odunsu bitkiler üzerinde bulunan afıt popülasyonlarının örneklenmesine özen

gösterilmiştir. Periyodik olarak tüm çalışma alanındaki bitkiler taranmış ve popülasyonlardan örnekler alınırken afitlerin özellikle de ayırt edici karakterlerinin zarar görmemesine özen gösterilmiş, afitler öncelikle fırçayla uyarıldıktan sonra ince uçlu, “O” numara fırça ile alınmış ve %96’lık etil alkol bulunan toplama tüplerine alınmıştır. Toplama sırasında mümkün olduğunca fazla sayıda kanatlı ve kanatsız vivipar bireyler alınmaya çalışılmış, ayrıca ergin olmayan bireylerde örnekleme dahil edilmiş ve her örnek alınan afit popülasyonu-bitki-lokalite bir örnek olarak değerlendirilmiştir ve numaralandırılmıştır. Örnekleme sayısını belirten rakam toplam kaç konak bitki üzerinden kaç popülasyondan örnekleme yapıldığını göstermektedir. Toplanan yaprak biti örneklerine toplama sıra numarası verilmiş konak bitki, toplandığı lokalite ve konak bitkinin hangi kısmında koloni oluşturduğu bilgileri kaydedilmiştir. Örnekler çok uzun süre toplama tüplerinde bekletilmeden Martin (1983)’te belirtilen prensiplere göre preparasyon yapılmıştır.

Kalıcı preparasyonu yapılmış olan örneklerin tanımlanması mevcut teşhis anahtarlarına dayanılarak ve literatürlerdeki bilgiler ve çalışmalar esnasında kaydedilmiş bilgilerde dikkate alınarak yapılmıştır. Teşhis işlemleri yapılırken konak bitki ilişkileri, genel görünümleri gibi önemli

özelliklerin uyum gösterip göstermediğine de dikkat edilerek tüm tereddütler giderilmeye çalışılmıştır. Örneklerin teşhisinde, taksonomik statülerinin doğru belirlenmesinde, sinonimlerinin tespitinde, dağılımlarının belirlenmesinde ve genel bilgi kıyaslamalarının yapılmasında Çanakçıoğlu (1975), Tuatay (1991, 1993, 1999), Toros ve ark. (2002), Remaudiere ve ark. (2006), Holman (2009), Görür ve ark. (2012), Akyıldırım ve ark. (2013), Blackman ve Eastop (2018), Favret (2018), Nieto Nafria (2018) kaynaklarından faydalanılmıştır.

3. Bulgular

Çalışma alanı kapsamında bulunan ve coğrafik olarak Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Malatya ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Adıyaman ve Şanlıurfa illerinde doğal olarak yetişen, kültürü-tarımı yapılan, süs bitkisi olarak yetiştirilen bütün otsu ve odunsu bitkilerde beslenen afit türlerinin belirlenmesi amacıyla 2015-2018 yılları arasında gerçekleştirilen arazi çalışmaları esnasında yaklaşık 4000 örnekleme gerçekleştirilmiştir. Örnekleme gerçekleştirilirken çalışma alanı kapsamında yer alan illerin iklimsel özellikleri nedeniyle örnekleme periyotları arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın belirginleşmesinde özellikle Temmuz-Ağustos döneminde özellikle Şanlıurfa

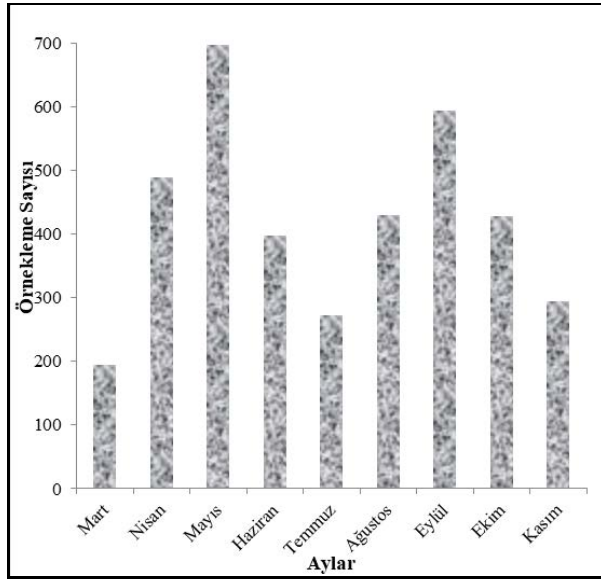
ilinde ve aynı oranda olmasa da Adıyaman ilinde görülen yüksek sıcaklık değerlerinin önemli rol oynadığı görülmüştür (Şekil 2).

Örneklemelemlerle elde edilen örneklerin analizi sonucunda 2 familya (Aphididae, Phylloxeridae), 11 alt familya (Anoeciinae, Aphidinae, Calaphidinae, Chaitophorinae, Eriosomatinae, Hormaphidinae, Lachninae, Phloeomyzinae, Phyllaphidinae, Thelaxinae, Phylloxerinae), 13 tribus (Aphidini, Macrosiphini, Panaphidini, Chaitophorini, Siphini, Eriosomatini, Fordini, Pemphigini, Cerataphidini, Eulachnini, Lachnini, Thelaxini, Phylloxerini) ve 67 cinse dahil olan 222 afıt türü çalışma alanından tespit edilmiş ve bu kapsamda belirlenen tüm türlere ait bilgiler proje raporu halinde herkesin kullanımına sunulmuştur. Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerini kapsayan çalışma alanından 45 afıt türü Türkiye afıt faunası için yeni kayıt ve bu türlerden 17 tanesi yayılımcı tür olarak belirlenmiş, *Aphis* cinsinin 31 türle en fazla türe sahip olduğu, Macrosiphini tribusunun ise 28 cinsle en fazla cinse sahip olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen verilerin genel olarak değerlendirilmesi neticesinde çalışma alanından Türkiye afıt faunasına % 9 oranında yeni kayıt dahil edildiği ve Türkiye afıt faunasının tür sayısının yaklaşık 550'e ulaştığı gösterilmiştir. Ayrıca 5 alt türde (*Aphis*(*Aphis*) *craccivora pseudacaciae* Takahashi, 1966, *Brachycaudus* (*Appelia*)

prunicola schwartzi (Börner, 1931), *Myzus* (*Nectarosiphon*) *persicae nicotianae* Blackman, 1987, *Uroleucon* (*Uromelan*) *jaceae macrosiphon* (Hille Ris Lambers, 1939), *Chaitophorus tremulae sorini* (Pintera, 1987) yeni kayıt olarak belirlenmiş ve Türkiye afıt faunası için yeni alt tür sayısı 17'ye ulaşmıştır.

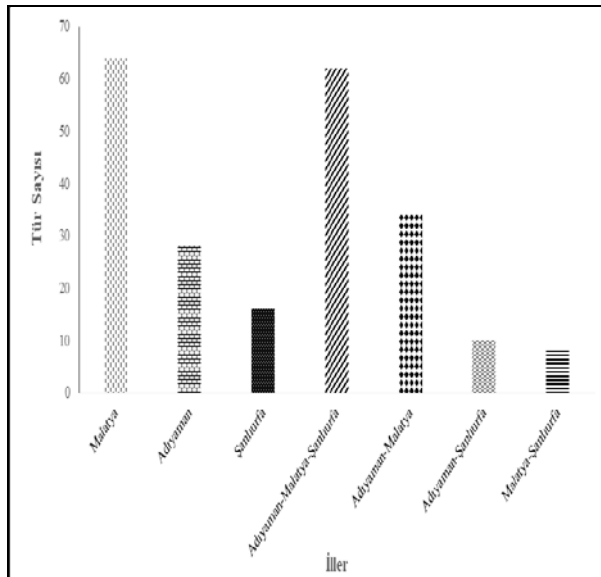
Örnekleme yapılan illerden elde edilen verilere bakıldığında illerden kaydedilen tür sayıları arasında önemli ölçüde farklılık göze çarpmaktadır. Bu kapsamda sıcaklığın oldukça kısıtlayıcı rol oynadığı, bu nedenle ortalama sıcaklığın oldukça yüksek olduğu Şanlıurfa ilinde gerek örnekleme sayısında ve gerek tür sayısında önemli ölçüde düşüklük olduğu belirlenmiştir. Şanlıurfa ilinde afıt türü sayısının düşük olmasının sıcaklıkla birlikte diğer illerle kıyaslandığında üzerinden örnekleme yapılan bitki türü diğer illere göre yüksek olmakla (Şanlıurfa ilinden yaklaşık 98, Adıyaman ilinden 80 ve Malatya ilinden 65 farklı konak bitki üzerinden) birlikte vejetasyon süresinin kısa olmasının da önemli etken olduğu görülmektedir. Çalışma alanından örneklenen afıt türlerinin örneklendiği konak bitkilere bakıldığında Adıyaman ilinde en fazla örnekleme sırasıyla *Quercus* sp., *Populus* sp., *Pistacia* sp. *Cynodon* sp. üzerinden, Malatya ilinde *Populus* sp., *Quercus* sp., *Rosa* sp. ve *Pinus* sp. ve Şanlıurfa'da *Pinus* sp., *Cynodon* sp.,

Rosa sp. ve *Sonchus sp.* üzerinden yapıldığı belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanında gerçekleştirilen örnekleme sayılarının aylara göre dağılımı.

Malatya ilinde en çok örnekleme yapılan konaklar üzerinden 100-120 örnekleme, Adıyaman ilinde 70-90 ve Şanlıurfa ilinden ise 45-65 afit popülasyonu örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3. Çalışma alanını kapsayan illerden belirlenmiş olan afit türü sayıları.

İller tek tek ve birlikte değerlendirildiğinde de iklimin belirlenen tür sayısı üzerine direkt ve dolaylı etkisi çok açık bir şekilde görülmektedir. Çalışma alanından belirlenen türler iller bazında incelendiğinde toplam 125 türle en fazla kayıt Malatya'dan verilirken, en az kayıt 78 türle Şanlıurfa'dan verilmiş ve Adıyaman ilinin de 90 türle temsil edildiği belirlenmiştir (Şekil 3).

4. Tartışma

Dünya genelinde gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında taksonomik çalışmaların ağırlığı giderek azalmaktadır, çünkü Avrupa ülkelerinin birçoğunda, Amerika, Çin gibi ülkelerde mevcut afit faunası çok büyük oranda ortaya çıkarılmış ve çalışmaların ağırlığı ekolojik entomoloji, moleküler, koruma biyolojisi, entegre mücadele yöntemleri, simbiyotik ilişkilerin belirlenmesi, afit türlerinin yayılımcı tür potansiyelleri ve küresel iklim değişiklikleri çerçevesinde ekonomik zararların belirlenmesi ve önlenmesi yönünde devam etmektedir. Özellikle afitlerin yayılımcı tür potansiyelleri ve küresel iklim değişikliklerini lehlerine çevirebilme potansiyelleri, üreme ve çoğalma stratejileri nedeniyle ekolojik çalışmalarda model organizma olmaları nedeniyle oldukça dikkat çekici bir grup oldukları düşünülmektedir.

Ülkemiz afıt faunasıyla ilk yer alan bilgilerin 1900'lü yılların başlarına dayandığı, son zamanlarda diğer ülkelerle kıyaslandığında yetersiz olsa da bir gelişme göstermektedir. Ülkemiz afıt faunasıyla ilgili geniş ölçekli projelere dayalı çalışmalara bakıldığında Toros ve ark. (2002) tarafından Doğu Akdeniz Bölgesi, Görür ve ark. (2009b) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi (Artvin, Rize, Trabzon illeri), Görür ve ark. (2014) tarafından İç Batı Anadolu Bölümü'nün (Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak illeri) afıt faunasının detaylı çalışıldığı gözlemlenmiştir. Çalışma alanını kapsayan Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerinde daha önce yapılmış detaylı bir çalışmanın olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte literatür bilgilerine bakıldığında ise Ölmez Bayhan ve ark. (2006) tarafından Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde otu bitkilerdeki afıt türlerinin belirlenmesi projesiyle 7 ilden (çalışma alanını kapsayan Adıyaman ve Şanlıurfa illeri de dahil) sadece 29 afıt türü tespit edilmiştir ve türlerinde çoğunlukla kozmopolit türler olduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda bakıldığında ülkemiz afıt faunasının oldukça büyük bir kısmının henüz ortaya çıkarılmadığı anlaşılmaktadır. Çalışma bölgesinden tanımlanan türlerin yaklaşık %20'si yeni kayıt olarak belirlenmiştir ve ülkemiz afıt faunasına da yaklaşık %8.6 oranında katkıda bulunmuştur. Elde edilen

bu veriler bu zamana kadar Türkiye afıt faunasıyla ilgili olarak belirlenen tür sayısının yetersiz olduğu ve tam sayıyı yansıtmadığı ile ilgili düşünceleri kuvvetli bir şekilde destekler niteliktedir. Yakın zamanda gerçekleştirilen 2 kapsamlı proje ile elde edilen veriler karşılaştırıldığında; çalışma alanında belirlenen türlerden 110 tanesinin İç Batı Anadolu'dan belirlenen türlerden, 105 tanesinin Doğu Karadeniz bölgesinden belirlenen türlerden farklı olduğu belirlenmiştir, oysa çalışma alanı dışında gerçekleştirilen 2 alandan belirlenen türlerden ise 75 türün birbirinden farklı olduğu anlaşılmıştır (Görür ve ark., 2009b; 2014).

Türkiye ekonomisinde tarımsal ürünlerin oldukça büyük paya sahip olması, ülkemize özgü rakamsal veri olmamakla birlikte afıtların ortalama %35-40 oranında ürün kaybına yol açması (Ruberson, 1999), ülkemizde çalışılmamış alanların fazlalığı, Türkiye'nin küresel ısınmanın etkilerini en fazla gösterebileceği bir alanda yer alması, afıtların küresel ısınmayı lehlerine kullanabilme ve yayılım alanlarını genişletme gibi özellikleri afıt faunası çalışmalarının önemini artırmaktadır. Bu çerçevede Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa illerinin afıt faunasının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanında bulunan Malatya ili ülkemiz biyoçeşitliliği üzerinde önemli etkiye sahip olan Anadolu

Diyagonalı'nın hemen altında yer almakta, diğer 2 çalışma alanı da diyagonalin güneyinde yer almaktadır. Anadolu Diyagonalinin ülkemiz afit faunası etkisiyle ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında en yüksek oranda afit türünün Malatya ilinden belirlenmiş olması bu çerçevede önemli bulunmaktadır. Proje kapsamında belirlenen yeni kayıtlarla ülkemiz afit faunası yaklaşık 550 tür ve 17 alt türle temsil edilmeye başlanmıştır. Türkiye afit faunasına yeni kayıt olarak kazandırılan 45 türden 17 tanesinin yayılımcı tür olduğu belirlenmiştir (Şenol ve ark., 2016; Görür ve ark., 2017) ki bu veri küresel ölçekli iklim değişimleri sonucunda ülkemize yayılımcı-işgalci tür sayısında artış olacağı yaklaşımı ile örtüşmektedir. Bu kapsamda çalışma alanından belirlenen 222 türe ait konak bitki, dağılım, lokalite ve sistematik özelliklerine ait detaylı bilgiler sunulmuştur (Görür ve ark., 2018). Çalışma alanından sağlanan verilere genel ve iller bazında bakıldığında iklimin ve coğrafik koşulların ve bu faktörün doğal etkileşimi sonucu vejetasyon döneminin belirlenen afit türleri üzerinde oldukça yüksek düzeyde etkili olduğunu bir kez daha göstermiştir. Bu nedenle en fazla tür Malatya ilinden belirlenirken, en az tür Şanlıurfa ilinden belirlenmiştir.

Türkiye kendine özgü biyocoğrafik özellikleri ile faunistik açıdan oldukça

zengin bir ülkedir. Faunistik açıdan zengin olmasını sağlayan avantajların yanında afitlerin direkt olarak bağlantılı bulunduğu bitki çeşitliliğinin de Türkiye'de çok zengin olması afit faunasının da zenginliği açısından özel koşullar oluşturmaktadır. Buna rağmen çalışmaların geçmişine ve yapıldığı lokalitelere bakıldığında ülkemiz afit faunasının yeterince çalışılmadığı çok açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ülkemizin halen birçok lokalitesinden afitlerle ilgili çalışmaya rastlanmamış, kayıt verilen bazı lokalitelerinde detaylı çalışmalarla değil de o bölgelerden örnek getirtilmesi veya çeşitli sebeplerle o lokalitelere yapılan ziyaretler esnasında alınmış örneklerden belirlendiği görülmektedir. Ülkemizin 12000 bitki türüne sahip olduğu, bu türlerin %32 oranında endemizm düzeyinde bulunduğu ülkemizden tanımlanmış tür sayısı mevcut tür sayısının sadece % 2.2'si civarındadır (Akyıldırım ve ark., 2013), bu durumda çalışmaların ne kadar yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizin biyocoğrafik konumu nedeniyle küresel açıdan en fazla etkilenebilecek ülkeler içerisinde yer alması en önemli tarımsal zararlılardan birisini oluşturan afit türlerinin bir an önce detaylı olarak ortaya konulmasının önemini artırmaktadır. Türkiye afit faunasının kapsamlı olarak belirlenmesi kısa ve uzun vadeli tarımsal koruma önlemlerinin

geliştirilmesi ve ülkemiz biyoçeşitlilik envanteri açısından büyük önem taşımaktadır.

Teşekkür: Yazarlar çalışmanın gerçekleştirilmesinde 115Z325 nolu proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

- Akyıldırım H (2010). İstanbul ili Büyükada ilçesi Afıt (Hemiptera: Aphidoidea) faunasının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Akyıldırım H, Şenol Ö, Görür G, Demirtaş E (2013). Evaluation of the zoogeographical contents of Turkey Aphid (Hemiptera: Aaphidoidea) fauna and invasive components. *BİBAD* 6(1): 44–48.
- Akyürek B, Zeybekoğlu Ü, Görür G (2010). New records of aphid species (Hemiptera: Aphidoidea) for Turkish fauna from Samsun Province. *Turk J Zool* 34: 421–424.
- Aslan MM, Uygun N (2005). Aphids (Homoptera: Aphididae) of Kahramanmaraş Province, Turkey. *Turk J Zool* 29: 201–209.
- Blackman R, Eastop V (2018). Aphids on the World's Plants: an online identification and information guide. <http://www.aphidsonworldsplants.info/>. (Son erişim tarihi: 12/11/2018).
- Barjadze S, Özdemir I (2014). A new genus of Macrosiphini Wilson, 1910 (1887) (Hemiptera: Aphididae) from *Rhododendron* in Turkey. *Zootaxa* 3835 (1): 121–126.
- Barjadze S, Özdemir I, Blackman R (2014). Two new species of Aphidini Latreille, 1802 (Hemiptera: Aphididae) from Turkey. *Zootaxa* 3873: 187–194.
- Bodenheimer FS, Swirsky E (1957). The Aphidoidea of The Middle East. Jerusalem: The Weigmann Science press of Israel, Israel.
- Çanakçıoğlu H (1975). The Aphidoidea of Turkey. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Çıraklı A, Görür G, Işık, M (2008). Denizli İl merkezinde belirlenen Afıt (Hemiptera:Aphididae) türleri. *Selçuk Üniv Agric Fac J* 22(44): 12–18.
- Coeurd'acier A, Hidalgo NP, Petrović-Obradović O (2010). Aphids (Hemiptera, Aphididae). *BioRisk* 4(1): 435–474.
- Düzgüneş Z, Toros S, Kılınçer N, Kovancı K (1982). Ankara İlinde bulunan Aphidoidea türlerinin parazit ve predatörlerinin tesbiti. *Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele ve Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Elmalı M, Toros S (1996). Konya İlinde buğdaylarda Aphidoidea türleri ve bulunuş oranları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ankara.
- Eser Sİ, Görür G, Tepecik İ, Akyıldırım H (2009). Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) species of the Urla District of İzmir Region. *JABS* 3(1): 99–102.
- Favret C (2018). Aphid Species File, Version 5.0/5.0.”, <http://Aphid.SpeciesFile.org>, (Son erişim tarihi: 12/11/2018).

- Görür G (2002). New records for Turkish Aphid fauna (Homoptera: Aphididae). *Zool Middle East* 25: 67–69.
- Görür G (2004a). Aphid (Homoptera: Aphidoidea) species on pome fruit trees in Niğde Province of Turkey. *Turk J Entomol* 28(1): 21–26.
- Görür G (2004b). Niğde yöresi Afileri (Insecta: Homoptera: Aphidoidea). *Niğde Üniversitesi Yayınları*, Niğde.
- Görür G, Isık M, Akyürek B, Zeybekoglu U (2009a). New records of Aphidoidea from Turkey. *J Entomol Res Soc* 11(3): 1–5.
- Görür G, Zeybekoğlu Ü, Akyürek B, Işık M, Akyıldırım H (2009b) Trabzon, Rize ve Artvin İllerinin Afit (Homoptera: Aphididae) faunasının belirlenmesi. *TUBİTAK, Proje no:107T450*.
- Görür G, Tepecik İ, Akyıldırım H, Olcabey G (2011a). Additions to the Turkish Aphid fauna (Hemiptera: Aphidoidea: Aphididae). *North-West J Zool* 7(2): 318–321.
- Görür G, Akyıldırım H, Akyürek B, Olcabey G (2011b) A contribution to the knowledge of the Turkish Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) fauna. *EPPO Bulletin* 41: 185–188.
- Görür G, Akyıldırım H, Olcabey G, Akyürek B (2012). The Aphid fauna of Turkey: An updated checklist. *Arch Biol Sci* 64(2): 675–692.
- Görür G, Akyıldırım Beğen H, Şenol Ö, Işık M (2014). İç Batı Anadolu bölümü Afit (Hemiptera:Aphidoidea) faunasının belirlenmesi. *TUBİTAK Proje no: 107T450*.
- Görür G, Senol Ö, Gezici G, Akyıldırım Beğen H, Parmaksız D (2017). New aphid (Hemiptera: Aphidoidea) records from South Eastern Parts of Turkey. *J Insect Biodivers Syst* 3(3): 257–264.
- Görür G, Senol Ö, Gezici G, Parmaksız D (2018). Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa İlleri Afit (Hemiptera:Aphidoidea) faunasının belirlenmesi. *TUBİTAK Proje No: 115Z325*.
- Holman J (2009). Host plant catalog of Aphids, Palearctic region. Springer, Bratisovska Czech Republic.
- Kanturski M, Barjadze S, Jensen AS, Wiczorek K (2017). A revision of the Aphid genus *Myzaphis* van der Goot, 1913 (Hemiptera: Aphididae) with description of a new genus and a three new species. *10th ISA (10th International Symposium on Aphids)*, 4–8 September, Nevşehir-Turkey.
- Kaygın AT, Görür G, Çota F (2008). Contribution to the Aphid (Homoptera: Aphididae) species damaging on woody plants in Bartın, Türkiye. *IJNES* 2(1): 83–86.
- Kindlmann P, Dixon AFG, Michaud JP (2010). Aphid biodiversity under environmental change: patterns and processes. *Springer Publication, Check Republic*.
- Martin JH (1983). The identification of common aphid pests of tropical agriculture. *Trop Pest Manage* 29: 395–411.
- Nieto Nafria JM (2018). Fauna Europaea (Hemiptera: Aphidoidea). www.faunaeur.org, version 2.6.2. (Son erişim tarihi: 12/11/ 2018).
- Ölmez S (2000). Diyarbakır İlinde Aphidoidea (Homoptera) türleri ile bunların parazitoit ve predatörlerinin saptanması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Adana.

- Ölmez Bayhan S, Ulusoy MR, Bayhan E (2006). Aphids and their predators in Malatya region and around, Turkey. *J Biol Sci* 6(5): 954–957.
- Özdemir I, Remaudiere G, Toros S, Kılınçer N (2005). New aphid records from Turkey including the description of a new *Lachnus* species (Homoptera: Aphididae). *Rev Fr Entomol* 27(3): 97–102.
- Remaudière G, Toros S, Özdemir I (2006). New contribution to the aphid fauna of Turkey [Homoptera, Aphidoidea]. *Rev Fr Entomol* 28(2): 75–96.
- Ruberson CR (1999). Handbook of pest management books in soils, plants, and the environment. Author, John R.. Edition, illustrated. *Publisher, CRC Press. New York, USA.*
- Şenol Ö, Akyıldırım H, Görür G, Demirtaş E (2014). New entry for the Turkey aphidofauna [Homoptera: Aphidoidea]. *Acta Zool Bulg* 66(1): 133–136.
- Şenol Ö, Akyıldırım Beğen H, Görür G, Demirtaş E (2015a). New additions and invasive Aphid to Turkey aphidofauna [Homoptera: Aphidoidea]. *Turk J Zool* 39: 39–45.
- Şenol Ö, Akyıldırım Beğen H, Görür G, Gezici G (2015b.) Some new aphid records for the Turkish aphidofauna (Homoptera: Aphidoidea). *Zool Middle East* 61(1): 90–92.
- Senol O. Görür G, Akyıldırım Beğen H (2017). Recent findings on aphid fauna from east and south eastern parts of Turkey. *BIODICON* 10(3): 76–78.
- Toper A, Çanakçıoğlu H (2003). Contributions to the knowledge of conifer aphid fauna in Turkey and their zoogeographical distribution. *J Pest Sci* 76: 50–56.
- Toper Kaygın A, Yıldız Y (2010). A new record for Turkey aphid fauna : Mordwilkoja vagabunda (Walsh, 1863) (Homoptera, Aphididae: Pemphigini). *J Entomol Res Soc* 12(2): 97–102.
- Toros S, Uygun N, Ulusoy R, Satar S, Özdemir I (2002). Doğu Akdeniz Bölgesi Aphidoidea türleri (The Aphidoidea Species of East Mediterranean Region). *Tarım ve Köyisleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.*
- Toros S, Özdemir I, Canakcıoğlu H (2003). The *Betula* aphids of Turkey. *J Pest Sci* 76: 173–175.
- Tuatay N, Remaudiere G (1964). Premiere, contribution un catalogue des Aphididae (Homoptera) de la Turquie. *Rev Pathol Vég Entomol Agric Fr* 43(4): 78–243.
- Tuatay N (1991). Türkiye yaprakbitleri (Homoptera: Aphididae) I. Aphidinae:Macrosiphini (III. Kısım). *Pl Prot Bull* 31: 3–18.
- Tuatay N (1993). Türkiye yaprakbitleri (Homoptera: Aphididae) IV. Aphidinae: Aphidini (I. Kısım). *Pl Prot Bull* 33: 83–105.
- Tuatay N (1999). Türkiye yaprakbitleri (Homoptera:Aphididae):V. Chaitophorinae, Lachninae ve Thelaxinae. *Pl Prot Bull* 39: 1–21.
- Uygun N, Toros S, Ulusoy MR, Satar S, Özdemir I (2001). Doğu Akdeniz Bölgesi Aphidoidea (Homoptera) türleri ve bunların parazitoit ve predatörlerinin saptanması. *Proje No: TUBİTAK-TOGTAK 1720.*
- Uysal M, Sahbaz A, Özdemir I (2006). Aphid species (Homoptera:Aphididae) on poplar trees in Konya Region. *Selcuk Univ Agric Fac J* 20(38): 143–149.



Schiff Bazı Ligand Kompleks Bileşiğinin Sentezi ve Multinükleer Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Geçiş Metal Kompleksinin İncelenmesi

Gülcan FERİÇOK, Ziya Erdem KOÇ*

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, KONYA

* zerdemkoc@gmail.com

Öz: Bu çalışmada çıkış maddesi olarak 5-aminoisofthalik asit (5-Aminobenzen-1,3-dikarboksilik asit) kullanıldı. 5-Aminobenzen-1,3-dikarboksilik asit ile ferrosenkarboksialdehitin kondenzasyon reaksiyonundan [[(3,5-dikarboksifenil)imino]karbonil]ferrosen elde edildi. Sonra literatürden faydalanılarak salisilaldehit ve etilendiamin ile kondenzasyon reaksiyonu ile dört dişli salen ligandı elde edildi. Daha sonra susuz FeCl₃ ile kompleksi elde edildi ve sonuç ürün NH₄OH ile dimerleştirilerek Schiff bazı içerikli ligand kompleksimiz olan [Fe(salen)₂O] elde edildi. Daha önce sentezlediğimiz Schiff bazı ligand kompleksine [Fe(salen)₂O] ligand kompleksini ilave ederek -COOH gruplarının kullanılması ile çift oksijen köprülü multinükleer kompleksler elde edildi. Sonuç olarak, elde edilen ligandların ve komplekslerin FT-IR, ¹H NMR, elementel analizi ve manyetik süseptibilite ölçümleri ile yapıları aydınlatıldı.

Anahtar Kelimeler: Ferrosenkarboksialdehit, Schiff Bazı, Geçiş Metalleri

Synthesis of Schiff Base Ligand Complex Compound and Investigation of Multiple Nuclear Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Metal Complex

Abstract: In this study, 5-aminoisophthalic acid (5-aminobenzene-1,3-dicarboxylic acid) was used as the starting material. The condensation reaction of 5-aminobenzene-1,3-dicarboxylic acid and ferrosenecarboxyaldehyde gave [[(3,5-dicarboxyphenyl)imino]carbonyl]ferrocene. Then the four-saline ligand was obtained by condensation reaction with salicylaldehyde and ethylenediamine using the literature. Then the complex with anhydrous FeCl₃ was obtained and the resulting product was dimerized with NH₄OH to obtain Schiff base-containing ligand complex [Fe(salen)₂O]. By using the [Fe(salen)₂O] ligand complex with the Schiff base ligand complex we synthesized previously, multinuclear complexes with double oxygen bridges were obtained by using the -COOH groups. As a result, FT-IR, elemental analysis, ¹H NMR and magnetic susceptibility of ligands and complexes were investigated.

Keywords: Ferrocenecarboxyaldehyde, Schiff Base, Transition Metals

1. Giriş

Schiff bazlar ilk defa 1860'da Alman kimyacı Schiff tarafından elde edilmiştir (Schiff, 1869). Ligand olarak ise 1930'larda Pfeiffer tarafından kullanılmıştır (Pfeiffer, 1932). Günümüzde Schiff bazların koordinasyon bileşikleri kimyacılar tarafından çok çalışılan bir konu olmuştur.

Aldehit ve aminler çok çeşitli olduğundan çok sayıda Schiff bazı elde edilebileceği açıktır. Ancak her Schiff bazının da iyi bir ligand olduğu düşünülmemelidir.

Schiff bazlarındaki imin azotunun bazlığı üzerine aldehit ve amin bileşeninde bulunan çeşitli süstitüentlerin etkisinin olduğu bilinmekte olup bu konuda çeşitli

çalışmalar yapılmıştır (Kılıç ve Gündüz, 1986; Gündüz ve ark., 1989). Sübstitüentlerin Schiff bazındaki imin azotunun bazlığını değiştirmesi sonucu ligand özelliği de sübstitüentlere bağlı olarak değişir. Bundan dolayı Schiff bazlarının metal komplekslerinin kararlılıkları da yapılarındaki sübstitüentlerden çok etkilenir. Schiff bazlarının ve komplekslerinin kararlılıklarının ayrıntılı olarak incelenmesi, onların kullanılma alanlarını daha da genişletecektir.

Schiff bazları ve metal komplekslerinin çeşitli kalitatif ve kantitatif tayinlerde, radyoaktif maddelerin zenginleştirilmesinde, ilaç sanayinde, boya endüstrisinde ve plastik sanayinde kullanımının yaygınlaşması, biyokimyasal aktiviteleri yüzünden büyük ilgi çekmesi ve özellikle son yıllarda sıvı kristal teknolojisinde kullanılacak pek çok Schiff bazının sentezlenmesi bu maddelerle ilgili çalışmaların önemini daha da artırmıştır (Marck, 1980).

Bimetalik kompleksler biyolojik sistemlerde önemli bir katalitik rol oynamakta ve enzimlerin aktifleşmesini sağlamaktadır. Bu tür komplekslerde oksijen atomunun köprü oluşturması, iki metal merkezi arasında ilişkiyi sağlamıştır. Alkoksit veya fenoksit köprüleri, kompleksler de avantajlıdır ve bu köprüler büyük, çok dişli ligandlarla birleşebilmesi

ile iki metal merkezinin çözünürlüğünü engellemektedir. Rabson, Schiff baz ligandlarının bir tür fenol-köprülü sınıfında olduğunu ve çok dişli ligandların, makrosiklik olmayan formları da her bir metal için, üç şelatlaşmış koordinasyon pozisyonunu vermekte olduğunu açıklamıştır (Pilkington ve ark., 1970).

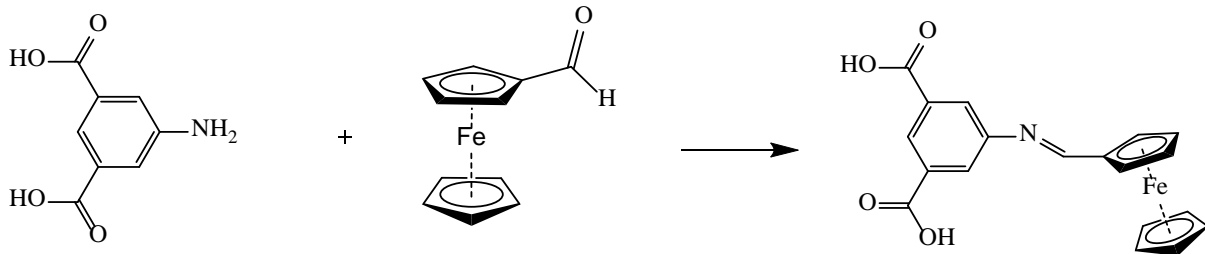
Literatürde, Schiff bazlarının sentezlerini ve biyolojik aktivitelerinin araştırılmasını içeren çalışmalar az sayıdadır (Koç ve Uçan, 2007). Günümüzde Schiff bazları, farmakoloji, biyokimya, besin kimyası ve nano teknolojisinde, sıvı kristal teknolojisi, boya ve plastik endüstrilerinde önemi artmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda bazı bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitelerinin de olduğu belirlenmiştir (Koç ve ark., 2010). Bu çalışmanın amacı 5-aminoizoftalik asitin, ferrosenkarboksialdehit ile kondenzasyon reaksiyonu sonucunda ligand kompleks elde edildi. Daha sonra elde edilen Schiff bazı içerikli ligand kompleksimizi $[Fe(salen)_2O]$ ligand kompleks ile etanollü ortamda reaksiyonu sonucunda multinükleer metal kompleksleri oluşturulması amaçlanmıştır (Koç ve Uysal, 2010).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan maddeler Merck, Fluka ve Aldrich'ten temin edildi. Etil alkol, etil asetat, $NaHCO_3$, 5-aminoisoftalik asit,

ferrosenkarboksilik asit, salisilaldehit, susuz FeCl₃, etilendiamin, 1,2-fenilendiamin ve susuz Na₂SO₄ kullanıldı. Kullanılan bazı reaktifler de laboratuvar şartlarında sentezlendi. Kullanılan cihazlar: Varian 400 MHz spektrometre, Perkin Elmer 1600 Spectrum 100 with Universal ATR Polarization Accessory, Elementel Analiz, LECO CHNS-932 model analyzer, pH metre, Orion Expandable Ion Analyzer EA 940. Erime Noktası Tayin Cihazı, Büchi Melting Point, B-540. Manyetik süsseptibilite, Sheerwood Scientific MX1 Gouy Magnetic Susceptibility.

2.1. [[(3,5-dikarboksifenil) imino] karbonil]ferrosen kompleksinin sentezi



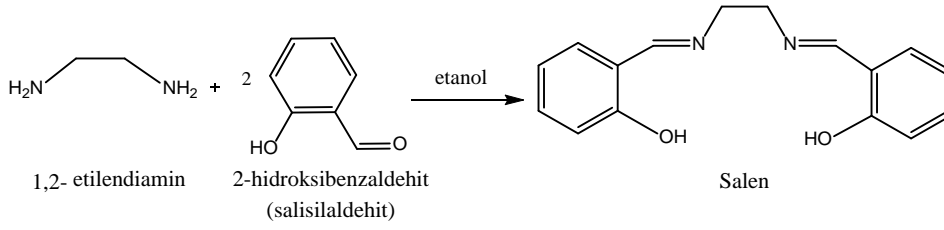
Şekil 1. [[(3,5-dikarboksifenil)imino]karbonil]ferrosen

2.2. Salen ligandı sentezi

1,2-Etilendiamin (0.023 mol, 0.35 mL) 15 mL etanol ilavesiyle 50 °C de çözülür. 20 dk sonra salisilaldehit (0.047 mol, 5 mL) damla damla ilave edilir. Bu arada sarı

5-Aminoisofthalik asit (0.01 mol, 0.60 g) üzerine etanol ilave edilerek çözüldü. Daha sonra üzerine (0.01 mol 0.71 g) ferrosenkarboksialdehitin etanollü çözeltisi ilave edildi. Karışım geri soğutucu altında 24 saat boyunca 300 °C'de kuvvetli bir karıştırma ile kaynatıldı. Elde edilen kahverengi-kırmızı kristal süzülerek ayrıldı ve vakumlu etüvde kurutuldu (Wong ve ark., 2004; Sohn ve ark. 1971). FT-IR(cm⁻¹): 3433 (OH), 3080 (Cp), 2975 (CH), 1708 (C=O), 1650 (CH=N), 471(Fe-C) ¹H NMR δ (ppm): 11.62 (bs, 2H, O-H), 8.58 (s, 1H, -HC = N-Fc), 8.62 (s, 1H, Ar-H), 6.91 (d, 2H, Ar-H), 4.75 (s, 2H, Cp-H), 4.54 (s, 2H, Cp-H), and 4.26 (s, 5H, Cp-H) (Şekil 1).

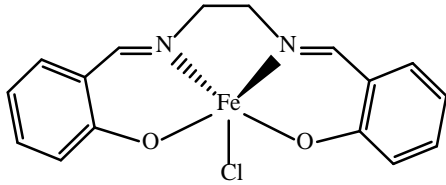
renkli çökelek gözlenir. Reaksiyon tamamlandığında vakumda süzülür. Sarı renkli salen kristal yapı etüvde kurutulur (Kopel, 1998; Uysal ve ark. 2018) (Şekil 2).



Şekil 2. Salen ligandı

2.3. [Fe(salen)Cl] kompleksinin sentezi

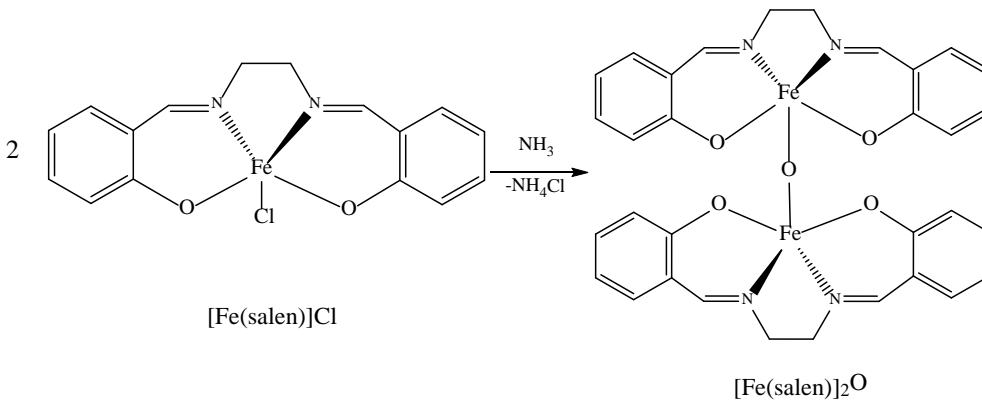
Salen (1 mmol, 0.26 g 25 mL etanolde geri soğutucu altında çözülür. Susuz FeCl₃ (1 mmol, 0.16 g) 20 mL etanolde çözülerek hazırlanan çözelti üzerine damla damla ilave edilir. Daha sonra elde edilen çözelti 80 °C'de, 2 saat süre ile kaynatılır. Soğutulmuş siyah çökelek elde edilir. Oluşan siyah çökelek süzülür ve vakumlu desikatörde kurutulur (Kopel, 1998; Wilton-Ely ve ark., 2008) (Şekil 3).



Şekil 3. [Fe(salen)Cl] kompleksinin sentezi

2.4. [{Fe(salen)}₂O] kompleksinin sentezi

[Fe(salen)Cl] (2 mmol, 0,7 g) 20 mL etanolde geri soğutucu altında çözülür. Daha sonra çözeltilere 5'er mL NH₃ ilave edilir. Çözelti 80 °C'de, 2 saat süre ile kaynatılır. Sonra çözelti alınır. Elde edilen çökelekler süzülür ve vakumlu desikatörde kurutulur (Kopel, 1998; Çelikkbilek ve ark., 2014). (Şekil 4).

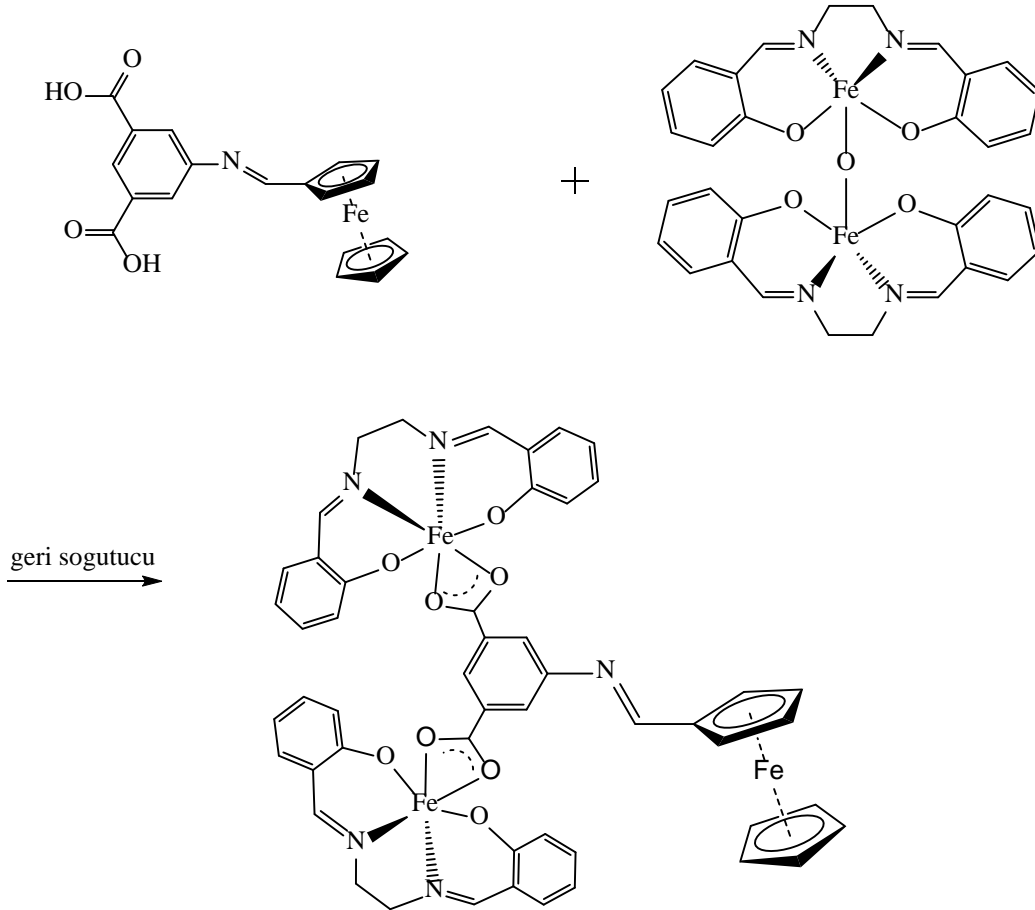
Şekil 4. [{Fe(salen)}₂O] kompleksinin sentezi

2.5. [(3,5-dikarboksifenil)imino] karbonil]ferrosen ligandının [Fe(salen)₂O] komplekslerinin sentezi

[(3,5-dikarboksifenilimino] karbonil] ferrosen kompleksinin etanoldeki çözeltisi üzerine [Fe(salen)₂O] (1 mmol 0.97 g)

ligand kompleksinin 20 mL etanoldeki çözeltisi damla damla ilave edildi. Daha sonra geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Soğumaya bırakıldı (oda şartlarında). Daha sonra süzülür ve 105 °C'de etüvde

kurutuldu. Verim: (83%); E.N:300 °C>; $C_{51}H_{43}Fe_3N_5O_8$; FT-IR(cm^{-1}): 2978 (CH_2), 1679 (C=O), 1652 (C=N), 655 (Fe-N), 619 (Fe-O).



Şekil 5. [[(3,5-dikarboksifenil)imino]karbonil]ferrosen ligandının [Fe(salen)₂O] kompleksi

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada çıkış maddesi olarak kullanılan 5-aminoisofthalik asit ve ferrosekarboksialdehit ile kondenzasyon reaksiyonu sonucu [[(3,5-dikarboksifenil)imino]karbonil]ferrosen Schiff bazı içerikli ligand kompleksi elde edildi (Koç, 2011). Elde edilen Schiff bazı içerikli ligand kompleksinin erime noktası

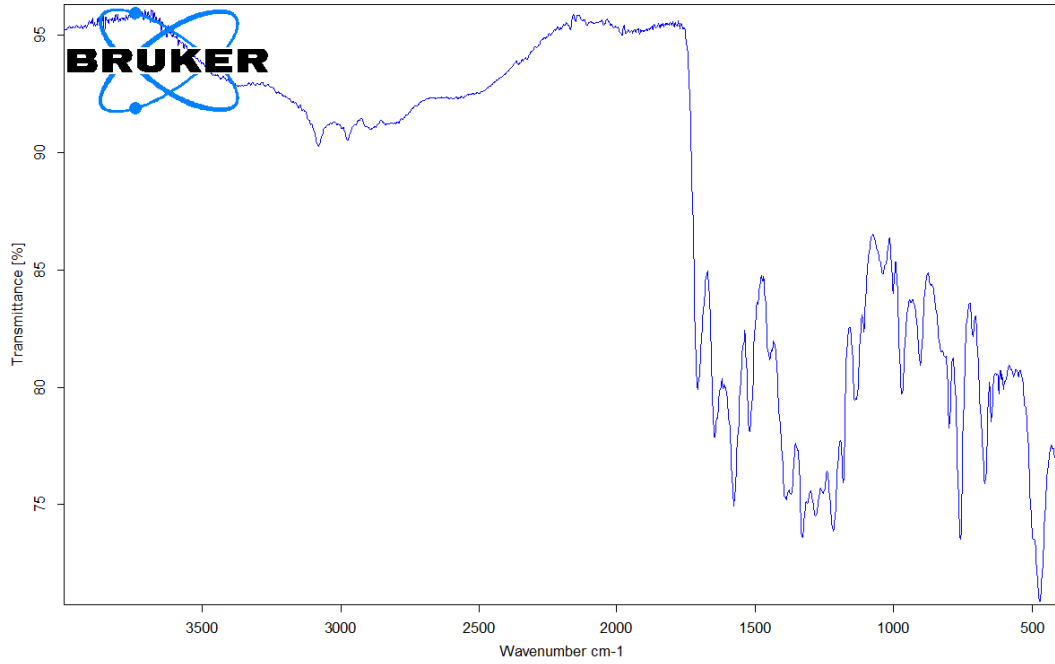
literatürde belirtildiği gibi 139 °C olarak bulundu (Koç, 2011).

Literatürden faydalanılarak salisilaldehit ve etilendiaminin kondenzasyon reaksiyonu ile dört dişli salen elde edildi. Salen ligandı ile susuz FeCl₃ bileşiminden [Fe(salen)Cl] kompleksi elde edildi. Daha sonra NH₄OH ortamında tek oksijen ile dimerleştirilerek [Fe(salen)₂O]

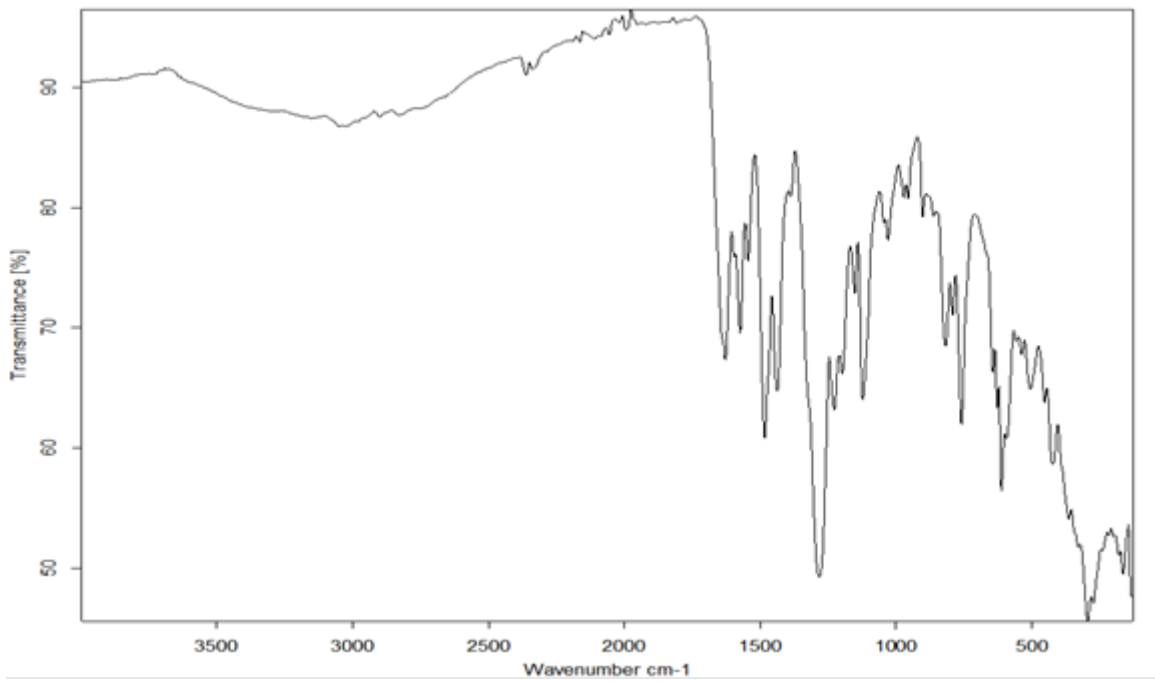
ligand özelliği gösteren kompleks elde edildi.

Sentezlenen $[\text{Fe}(\text{salen})_2\text{O}]$ ligand kompleksinin ve $[[\text{(3,5-dikarboksifenil)imino}]\text{karbonil}]\text{ferrosen}$ Schiff baz içerikli ligand kompleks yapıları, FT-IR, elementel analiz ve manyetik süsseptibilite sonuçlarından faydalanarak aydınlatıldı (Uysal ve ark., 2013). Etanolü ortamda çözülmüş olan $[[\text{(3,5-dikarboksifenil)imino}]\text{karbonil}]\text{ferrosen}$ ligand komplekse yine etanolde

$[\text{Fe}(\text{salen})_2\text{O}]$ ilave edilerek çift oksijen ile koordine olmuş Schiff bazı içerikli ligand kompleksi elde edildi. Sentezlenen Schiff bazı içerikli multinükleer dipodal kompleksin ve diğer komplekslerin yapıları elementel analiz, FT-IR spektroskopisi, manyetik süsseptibilite ölçümleri ile aydınlatıldı. Schiff bazı içerikli ligand kompleksin ve bunların $[\text{Fe}(\text{salen})_2\text{O}]$ metal komplekslerinin FT-IR spektral verileri deneysel bölümde ayrı ayrı verilmiştir. Bu değerleri incelediğimizde;



Şekil 6. $[[\text{(3,5-dikarboksifenil)imino}]\text{karbonil}]\text{ferrosen}$ FTIR spektrumu



Şekil 7. [(3,5-dikarboksifenil)imino]karbonil]ferrosen ligandının [Fe(salen)₂O] kompleksi FTIR spektrumu

[[3,5-dikarboksifenil)imino] karbonil] ferrosen Schiff bazı içerikli ligand kompleksin başlangıç maddesinde bulunan aldehit sırasıyla; C=O 1707 cm⁻¹ iken ferrosenkarboksialdehit ile reaksiyonundan 1646 cm⁻¹'de CH=N gerilme titreşimi olarak izlenmiştir. Bunun yanında [Fe(salen)₂O] çift oksijenle oluşan koordinasyonu sonucunda OH titreşimleri kaybolmuştur. Bu titreşimlerin yerine [Fe(salen)₂O] Schiff bazı CH=N bandı olarak gözlenmiştir (Kocyigit, 2013). Fe(III) komplekslerinin elde edilen koordinasyon bileşiklerinin IR bandlarına bakıldığında, her üç liganda da bulunan OH gruplarının IR bandları kompleks yapıların oluşumundan sonra kaybolduğu gözlenmiştir. Metal komplekslerinde ayrıca bağlı olduğu düşünülerek M-O ve M-N bağlarının

sırasıyla 667 cm⁻¹ ve 566 cm⁻¹'de olduğu literatürde belirtilmiştir (Alıcı ve Karatas, 2012 ; Karataş ve Uçan, 1998) (Şekil 6).

Schiff bazı içerikli ligand komplekslerin Fe(III)/Fe(II) geçiş metalleri ile koordine olmuş komplekslerinde ölçülen manyetik süsseptibilite değerlerinde düşük spinli olduğu tespit edilmiştir. Ligand komplekslerin sırasıyla d⁵/d⁶ metal iyonu düzenine sahip Fe(III) kompleksleri paramanyetik 1.83 BM değerine sahiptir. Fe(II) kompleksleri ise diyamanyetik özelliktedir (Kopel, 1998). Komplekslerin geometrileri manyetiklik değerleri ve elemental analiz sonuçları hakkında Çizelge 1.'de bilgi verilmektedir (Kocyigit, 2012).

Elde edilen ligand kompleksler; THF ve DMF'de çözünmektedir. Kompleks oluşumu sırasında çözünme ve

kompleksleşme reaksiyonu ard arda gerçekleşmekte ve renk değişimi ile kompleksleşmenin tamamlandığı anlaşılmaktadır (Kocyigit, 2012).

Sonuç olarak bu çalışmada, literatürde rastlanmayan Schiff bazı içerikli ligand

kompleksi ve [Fe(salen)₂O] ile multinükleer kompleksleri sentezlendi. Sentezlenen bu bileşiklerin yapıları ¹H NMR, FT-IR, manyetik süsseptibilite ve elementel analiz ile aydınlatıldı (Karipcin, 2001).

Çizelge 1. Ligandların ve metal komplekslerinin bazı fiziksel özellikleri

Bileşikler	M.A. Renk	Verim (%)	EN. (°C)	μ_{eff} B.M. 296 K	Bulunan (Hesaplanan) (%)		
					C	H	N
C ₁₁ H ₁₀ FeO	[214.05] kahverengi	73	120	Dia	61.87 (61.73)	4.69 (4.71)	-
C ₁₉ H ₁₅ FeNO ₄	[377.18] kahverengi	78	139	Dia	60.57 (60.50)	4.09 (4.01)	3.65 (3.71)
C ₅₁ H ₄₃ Fe ₃ N ₅ O ₈	[1021.42] kahverengi	77	255	1.83	58.37 (59.97)	4.29 (4.24)	6.82 (6.86)

Kaynaklar

- Alıcı Ö, Karatas I (2012). Synthesis of new substituted 1,2,4-triazines from isonitrosoketones and terephthalaldehydedihydrazone. *Journal of Heterocyclic Chemistry* 49: 576–579.
- Celikbilek S, Koc ZE (2014). Investigation of dipodal oxy-Schiff base and its salen and salophen Fe(III)/Cr(III)/Mn(III) Schiff bases (N₂O₂) capped complexes and their magnetic and thermal behaviors. *Journal of Molecular Structure* 1065: 205–209.
- Celikbilek S, Koc ZE (2014). Investigation of dipodal oxy-Schiff base and its salen and salophen Fe(III)/Cr(III)/Mn(III) Schiff bases (N₂O₂) capped complexes and their magnetic and thermal behaviors. *Journal of Molecular Structure* 1065: 205–209.
- Gündüz T, Kılıç E, Atakol O, Köseoğlu F (1989). Titrations in non-aqueous media. Part XVII. Potantionmetric Investigations of effects of several electron-donating and withdrawing substituents on basicity of azomethine group of salicylideneaniline in nitrobenzene solvent. *Analyst* 114: 475.
- Karataş İ, Uçan Hİ (1998). The synthesis of biphenylglyoxime and bis(phenyloxime) and their complexes with Cu(II), Ni(II) and Co(II). *Synth React Inorg Met-Org Chem* 28: 383.
- Karipcin F (2001). Bis(fenilglioksim)metan türevleri ve metal komplekslerinin sentezi. *Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*

- Kılıç E, Gündüz T (1986). Titrations in non-aqueous media. Part I. Determination of factors influencing the basicity of Schiff bases in nitrobenzene solvent. *Analyst* III: 949–956.
- Koç ZE (2011). Complexes of iron(III) and chromium(III) salen and salophen Schiff Bases with bridging 1,3,5-Triazine Derived Multidirectional Ligands. *Journal of Heterocyclic Chemistry* 48: 747–990.
- Koç ZE, Uçan Hİ (2007). Complexes of iron(III) salen and saloph Schiff bases with bridging 2,4,6-tris(2,5-dicarboxyphenylimino-4-formylphenoxy)-1,3,5-triazin and 2,4,6-tris(4-carboxyphenylimino-4'-formylphenoxy)-1,3,5-triazin. *Transition Metal Chemistry* 32: 597–602.
- Koç ZE, Uysal S (2010). Synthesis and characterization of dendrimeric bridged salen/saloph complexes and investigation of their magnetic and thermal behaviors. *Helvetica Chimica Acta* 93: 910–919.
- Kocyigit O (2012). Properties and synthesis of the Cr(III)-salen/salophen complexes containing triphenylamine core. *Synth React Inorg Me* 42: 196–204.
- Kocyigit O (2013). A novel Schiff base bearing dopamine groups with tripodal structure. Synthesis and its salen/salophen-bridged Fe/Cr (III) capped complexes. *J Mo. Struc* 1034: 69–74.
- Kocyigit O, Guler E (2010). Synthesis of 1,3,5-tris(4-(4-nitrophenylimino methyl)phenoxy methyl)benzene as a new Schiff base and its complexation properties with the (salen and salophen)-bridged Fe/Cr(III). *J Incl Phenom Macro* 67: 287–293.
- Kopel E (1998). The reactions of ketone diethyl acetal with cyanuric chloride. *Olin Mathiesson Chem Corp* 26: 4705.
- Marck H F (1980). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* 3: 468.
- Pfeiffer (1932). Tricyclische orthokondensierte Nebenvalenzringe. *Ann Chem* 492: 81–87.
- Pilkington NH, Robson R (1970). By reaction of 5-methylisophthalaldehyde with 1,3-diaminopropane in the presence of various metal salts the following complexes have been isolated: $\text{MCu}_2\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MCu}_2(\text{ClO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MCu}_2(\text{HSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MNi}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MCo}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$, $\text{MFe}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$, $\text{MMn}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MZn}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $(\text{MH}_2)\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ where MH_2 . *Aust J Chem* 23(11): 22–25.
- Schiff H (1869). Untersuchungen Über Salicinderivate. *Ann Chem* 150–197.
- Sohn YS, Hendrickson DN, Gray HB (1971). *J Am Chem Soc* 93: 3603–3612.
- Uysal S, Koç ZE (2010). Synthesis and characterization of dendrimeric melamine cored [salen/salophFe(III)] and [salen/salophCr(III)] capped complexes and their magnetic behaviors. *Journal of Hazardous Materials* 175: 532–539.
- Uysal S, Koc ZE (2013). Synthesis of melamine based polymer complexes and their thermal degradations and magnetic properties. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry* 76: 223–230.
- Uysal S, Koc ZE (2018). The synthesis and characterization of (MSalen/salophen/saldeta/salpy) [M=Fe(III) or Cr(III)] capped heteromultinuclear schiff bases-dioxime Ni(II) complexes: Their thermal and magnetic behaviours. *Journal of Molecular Structure* 1165: 14–22.
- Uysal S, Koc ZE, (2016). Synthesis and characterization of dopamine substitue tripodal trinuclear [(salen/salophen/salpropen)M] (M=Cr(III), Mn(III), Fe(III) ions) capped s-

triazine complexes: Investigation of their thermal and magnetic properties. *Journal of Molecular Structure* 1109: 119–126.

Uysal S, Koc ZE, Celikbilek S, Ucan HI, (2012). Synthesis of star-shaped macromolecular schiff base complexes having melamine cores and their magnetic and thermal behaviors. *Synthetic Communications* 42(7): 1033–1044.

Wilton-Ely JDET, Solanki D, Knight ER, Holt KB, Thompson AL, Hogarth G (2008). *Inorg Chem* 9642–9653.

Wong WWH, Phipps DE, Beer P, Polyhedron P (2004). *J Coord Chem* 42: 2821–2829.



Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi

Figen Esin KAYHAN

Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, İstanbul

* fkayhan@marmara.edu.tr

Öz: Bu derlemenin amacı, sucul çevredeki mikroplastiklerin (MP) bazı deniz organizmaları ve insan sağlığı üzerine sebep olduğu sağlık risklerinin değerlendirilmesidir. Mikroplastikler deniz ortamlarında bulunan küçük plastik parçacıklardır. Ayrıca ağır metaller, pestisitler ve çevresel kirlenmeler de dahil olmak üzere ortamdaki çeşitli kimyasal kalıntıları absorbe edebilirler. Bu derleme çalışmasında plastik ve mikroplastiklerin bazı sucul organizmalar ve sucul ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastikler, Sucul organizmalar, Sucul kirlenme

The Evaluation of Risk Profiles of Microplastics (MP) on Aquatic Organisms

Abstract: The aim of this review is to investigation of the health risks caused by microplastics on humans and some aquatic organisms in aquatic environment. Microplastics are small plastic particles present in marine environments. Besides they can absorb various chemical residues from the surrounding environment, including heavy metals, pesticides and environmental pollutants. In this review summarizes the negative effects of plastic and microplastics on some aquatic organisms and aquatic ecosystems.

Keywords: Microplastics, Aquatic organisms, Aquatic pollution

1. Giriş

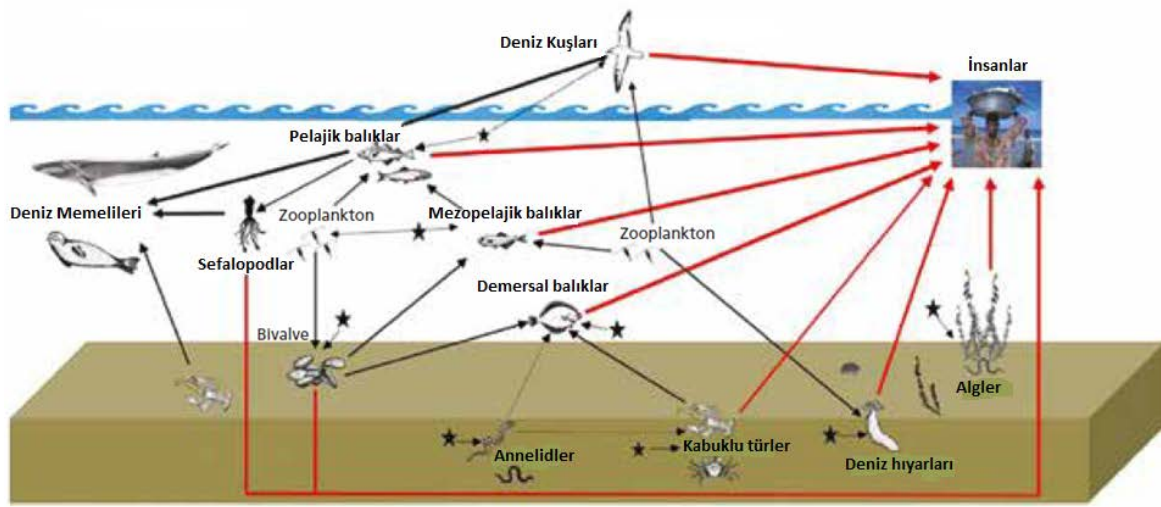
Dünya ölçeğinde yılda 250 milyon ton plastik üretilmektedir. Bu nedenle plastik kullanımının baş edilmesi zor boyutlarda bir problem olduğu artık bilinen bir gerçektir (Plastics Europe, 2015). Plastikler, petrol ve türevlerinden elde edilen sentetik organik polimerler olarak tanımlanabilir. Plastikler çok fazla miktarda üretilmekle birlikte, tek kullanımlık olmaları, yavaş çözümleri, doğal yollarla ortadan kaybolmamaları gibi özellikleri nedeniyle toprak, akarsular, göller

ve denizler gibi doğal yaşam alanlarında birikerek zarar vermektedirler (Bordos ve ark., 2019; Yuan ve ark., 2019). Endüstriyel gelişimle birlikte plastiklerin hayatımıza kattığı faydalar elbetteki yadsınamaz ancak kalıcı zararlarından etkilenmemekte elde değildir. Özellikle yaban hayatı üzerinde çok önemli bir tehdit unsurudur. Farklı boyutlardaki plastik parçalarını besin zannederek yutan her türden omurgasız, balık, balık larvaları, sürüngen, kuş ve memeli organizmalar yaşamlarını

kaybetmektedir (Perez-Venegas ve ark., 2018; Renzi ve ark., 2018). Kuzey kutbu fok türlerinden olan Kuzey Kürklü Fokta (*Callorhinus ursinus*) mikroplastik maruziyetinin araştırıldığı bir çalışmada fokların dışkıları analiz edilmiştir. Dışkı analizi sonuçlarına göre Kuzey kürklü Foku'nun Doğu Pasifik Okyanus'u menzili

boyunca mikro plastiklere maruz kaldığı rapor edilmiştir (Donohue ve ark., 2019). Mikroplastiklerin (MP) sucul canlılar tarafından yutulması canlıların doku ve organlarına fiziksel zararlarda vermektedir (FAO, 2016; GESAMP, 2016).

Denizlerde yaşayan organizmalar ile mikroplastiklerin etkileşimi ve besin zincirindeki bulunuşları



Şekil 1. Denizlerde yaşayan organizmalar ile mikroplastiklerin etkileşimi ve besin zincirindeki bulunuşları (Siyah yıldızlar mikroplastik (MP) parçacıklarını temsil eder ve siyah noktali oklar organizma ile parçacık arasında gözlenen etkileşim yönünü göstermektedir. Siyah oklar MP'lerin dolaylı yolla alınımı gösterir. Kırmızı oklar, sucul organizmaların yutulmasının ardından MP'lerin potansiyel yolunu göstermektedir).

Sucul ortamda bulunan mikroplastik parçacık çeşitleri fiber, polyester ve naylon olarak sıralanabilir. Naylon, her ne kadar formülasyonları farklı olsa da endüstriyel anlamda hayatımıza giren ilk plastik ürün olarak sayılabilir. Plastikler, polietilen yapıdadır ve sadece karbon ve hidrojen atomlarından oluşurlar. Naylon ise, karbon, hidrojen ve azot atomlarından oluşur. Günlük hayatımızda hemen her eşyada

sıklıkla kullanılmaktadır. Bu malzemeler yüksek moleküler ağırlıklı malzemelerdir ve biyolojik olarak parçalanamadıkları için çevrede son derece kalıcıdır. Plastik atıklar doğada uzun yıllar süren yavaş bozunmaları sırasında fotokimyasal ve mekanik süreçlere bağlı olarak mikroskobik boyuttaki parçalara ayrılırlar. Mikroplastikler (MP) kavramı işte burada ortaya çıkmaktadır. NOAA (National

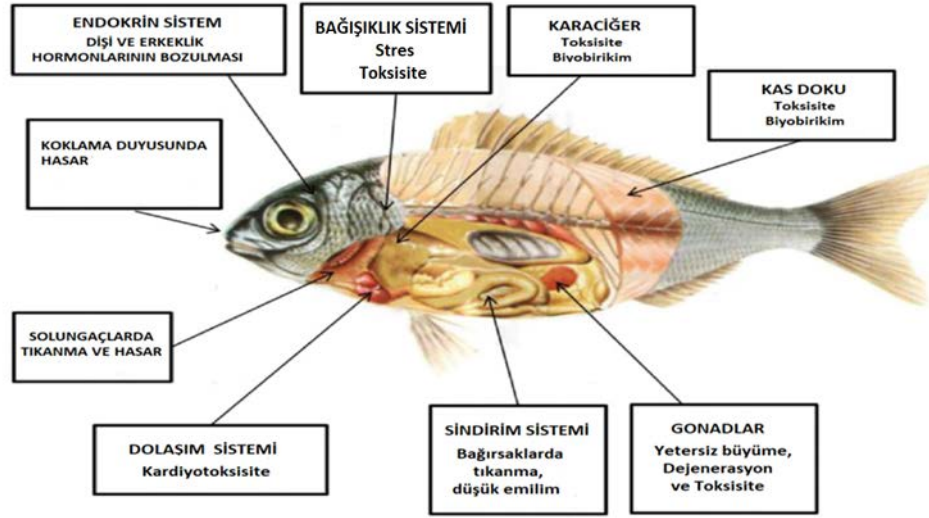
Oceanic and Atmospheric Administration) tanımına göre 5 mm'den daha ufak olan plastik parçaları "Mikroplastikler" olarak kabul edilir (NOAA, 2008). MP'ler belirli bir şekil veya boyutta bulunmazlar. Mikroplastikler, boyut, şekil, renk, kimyasal bileşim, yoğunluk ve diğer bazı özelliklere göre değişen çok heterojen bir partikül topluluğunu içerir. Genellikle amorf şekillerde olan mikroplastik parçacıklar küresel, silindirik, uç kısımları yuvarlak, oval ve çeşitli boyutlarda lifçikler formunda olabilirler (Yurtsever, 2015). MP'ler, birincil ve ikincil olarak iki gruba ayrılırlar. Birincil mikroplastikler, mikroskobik boyutlardaki polietilen mikroboncuklardır. Bunlar genellikle tüketici farkında olmasa da diş macunu, peeling kremleri gibi kozmetik ürünlerde ve deterjanlarda bulunurlar. İkincil mikroplastikler ise büyük plastik parçalarının güneş ışığı, su ve rüzgâr gibi çevresel etkilerle aşınması ve küçük boyutlara ufalanması sonucu ortaya çıkan mikroplastiklerdir (Gregory, 2009; Digka ve ark., 2018). Sırasıyla makro boyuttaki plastikler önce mikroplastiklere, daha sonra parçalanmanın devam etmesiyle nanoplastiklere dönüşürler (Denizli ve Yavuz, 2017). MP'ler atık suların arıtması sırasında filtrelenmezler ve genellikle doğrudan deniz, göl ve nehir gibi tatlı ve tuzlu su ortamlarına salınırlar. 2011 yılında yapılan bir araştırmada sabun tüketimine bağlı olarak kanalizasyona dökülen MP

miktarının kişi başı günlük 2.4 mg olduğu rapor edilmiştir (Cole ve ark., 2015; Faggio ve ark., 2018). Mikroplastik parçacıklar optik ve elektron mikroskopları ile incelenmelerinin yanında Raman ve FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy - Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) spektrofotometreleri ile tanımlanmaları mümkündür (Yurtsever, 2015).

Mikroplastiklerin Toksik Etkileri

Plastik polimerler farklı toksisite dereceleri gösterebilir. Bu nedenle mikroplastiklerin olumsuz etkileri plastik türüne, kimyasal bileşimine ve plastik afiniteye sahip kimyasal kirleticilerin emilimine de bağlıdır (Zhu ve ark., 2019). Örneğin; Rochman ve ark. (2013), PET veya polietilenden ziyade Polivinilklorür (PVC) veya Polistiren'e (PS) maruz kalma nedeniyle tatlı su istiridyelerinde (*Corbicula fulminea*) daha fazla histolojik anormallik tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, yapılan bazı araştırmalarda mikroplastiklerin *Oryzias latipes* (Japon Pirinç Balığı) (Rochman ve ark., 2013), Zebra balığı (*Danio rerio*) (Khan ve ark., 2015; Lu ve ark., 2016) ve *Dicentrarchus labrax*'da (Avrupa Levrek balığı) (Peda ve ark., 2016) su ortamı içindeki kimyasal kirleticilerin toksik etkisini arttırdığı gösterilmiştir. Sucul organizmalar mikroplastikleri öncelikle sindirim sistemlerinde biriktirirler. Bazı sucul omurgasız türler açısından MP'lerin

vücuda alınması sadece beslenme yoluyla (2018b). olmayabilir (Li ve ark., 2018a; Li ve ark.,



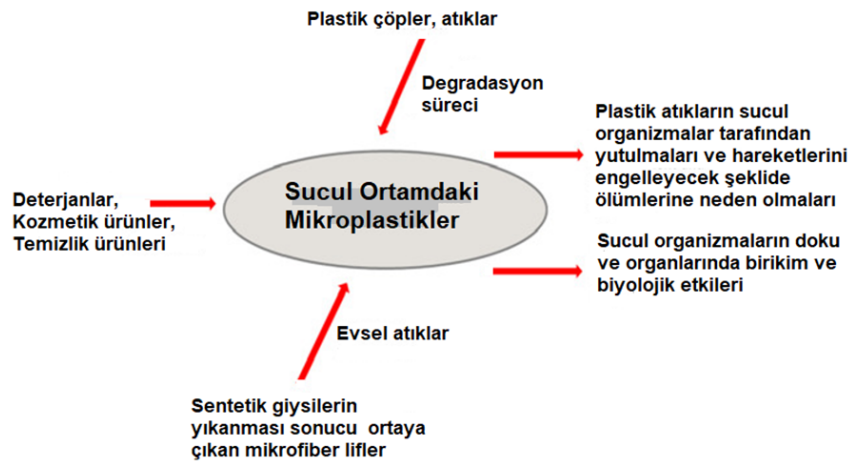
Şekil 2. Mikroplastiklerin balık üzerindeki başlıca etkileri

Bazı yengeçlerin solungaçlarında mikroplastik parçacıklar bulunmuştur. MP'ler denizlerdeki çevresel kirleticiler de dahil olmak üzere çevredeki tüm kimyasal maddeleri emebilen bir polimer ve katkı kokteyli oluştururlar. Çok küçük boyutları (<5 µm) göz önüne alındığında, MP'ler çok çeşitli deniz organizmaları tarafından besin zannedilerek yutulmaktadır (Rummel ve ark., 2016). Okyanuslarda, denizlerde ve tatlı sulardan avlanan çok sayıda balık türünde mikroplastiklerin varlığı gözlenmiştir (Alomar ve ark., 2017; Bessa ve ark., 2018; Jabeen ve ark., 2017; Morgana ve ark., 2018; Pazos ve ark., 2017). Buna ek olarak, bazı araştırmacılar, kontrollü laboratuvar koşullarında balıklar ve larvalar tarafından mikroplastik alımı sırasında toksik bileşiklerinde kolayca

taşındıklarını rapor etmişlerdir. Pozo ve ark. (2019) Şili'de yaptıkları çalışmalarında altı ekonomik balık türünün mide ve bağırsak içeriğinde çeşitli mikroplastikleri tanımlamış ve kategorize etmişlerdir. Farklı trofik seviyelerindeki balıklar okyanus ve kıyı habitatlarından elde edilmiştir. Kıyı türlerinde (%71) okyanus türlerine (%29) oranla daha fazla mikrofiber özellikle mikroplastik parçacık bulduklarını rapor etmişlerdir. Ekonomik değere sahip altı yumuşakça türünde (*Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Crassostrea gigas*, *Hexaplex trunculus*, *Bolinus brandaris*, *Sepia officinalis*) yapılan bir mikroplastik parçacık araştırmasında organizmaların biyoyararlanımı ve besin zincirindeki tüketici risklerini belirlenmeye çalışılmış ve elde edilen MP tipleri, sırasıyla

lifler, fragmanlar ve filmler halinde olduğu ifade edilmiştir. En yaygın görülen lifler ise genellikle polietilen ve polipropilen türü polimerlerdir. Tunus'un Bizerte Lagünü bölgesinde yapılan bir araştırmada, bölgede yaşayan yumuşakça türlerinde mikroplastik parçacıkları açısından yüksek riskler olduğu rapor edilmiştir (Abidli ve ark., 2019). Hong Kong'un doğu kıyılarında yapılan bir araştırmada da 30 adet çiftlik kefalı ile 30 adet doğal deniz kefal balığının sindirim sistemlerindeki mikroplastik oranları araştırılmış ve doğal balıklarda daha fazla MP bulunmuştur. Ayrıca balık büyüklüğü ile doğru orantılı bir artış oranı bulunduğu rapor edilmiştir (Cheung ve ark., 2018). Kuzey Buz Denizi'nin güney sahillerinde yapılan bir araştırmada *Crangon crangon* türü kahverengi karideslerdeki mikroplastik

parçacık miktarı incelenmiş olup karides örneklerinin %63'ünde farklı boyutlarda sentetik lifler tespit edilmiştir (Devriese ve ark., 2015; OSPAR, 2015). Plastik atıklar; son zamanlarda ortaya çıkan kirletici maddeler olarak kabul edilmektedir ve dünya genelinde deniz biyolojik çeşitliliği açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Mikroplastikler deniz biyotası ve ekosistem için büyüyen bir tehdittir. Organizmalar için mikroplastik yutmayla ilişkili riskler, yalnızca malzemenin kendisinden değil, aynı zamanda çevre kirletici maddelerini deniz suyundan emme ve konsantre etme ve daha sonra bunları gıda zincirleri yoluyla transfer etme kabiliyetinden de kaynaklanmaktadır. Ayrıca, mikroplastikler ekolojik süreçleri etkileyebilir (Guzzetti ve ark., 2018).



Şekil 2. Mikroplastiklerin sucul ekosistemdeki akıbeti

2016 yılında Akdeniz kıyılarımızda her ay yapılan örnekleme çalışmasında

ekonomik öneme sahip ve aralarında *Dentex dentex*, *Liza aurata*, *Mullus barbatus*,

Sardina pilchardus, *Scomber japonicus*, *Trachurus mediterraneus*, *Trigla lucerna* gibi demersal, pelajik ve bentopelajik alanda yaşayan organizmaların da olduğu 28 türe ait toplam 1137 balığın yarısından fazlasının sindirim sisteminde mikroplastik parçacık bulunduğu rapor edilmiştir. Bu balıkların sindirim sistemlerinde en fazla bulunan parçacık tipi genellikle çamaşır makinalarından geldiği düşünülen tekstil fiber olduğu görülmüştür (Guven ve ark., 2017). 2016 yılında ülkemizde 9 milyon ton plastik malzeme üretilmiş olup ülkemizde her yıl yaklaşık yarım milyon ton plastik atık olarak çevreye atılmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de denize ulaşan katı atıkların %80'inden fazlasını plastikler oluşturuyor (Aytan ve ark., 2016). Katı atıkların doğal yollarla kendi halinde parçalanmasının yanı sıra denizdeki mikroplastiklerin en önemli kaynağı atık su tesisleri olduğu kabul edilmektedir (Koelmans, 2015; Waite ve ark., 2018). Deşarj edilen kentsel atık suların içinde özellikle çamaşır makinelerinden gelen sentetik elyaf ve temizlik malzemelerinden kaynaklanan mikroplastik ve mikroboncuk parçacıkları bulunmaktadır. Bu nedenle atık sulardan mikroplastiklerin giderilmesi işlemlerinde atık su tesisleri dahi etkisiz kalmaktadır. Mikroplastikler dahil tüm plastik ürünlerin deniz ekosistemlerindeki kirlilik seviyesinin takip edilmesi ve neden olduğu zararlı çevresel etkilerin araştırılması

Avrupa Birliği ülkelerinde uzun süredir uygulanmakta olan yasal bir zorunluluktur (Farrell ve Nelson, 2013; Provencher ve ark., 2018). 2014'te dünya denizlerinde suda sürüklenir vaziyette tüm plastiklerin sayısının altı trilyon ton olduğu ve bunun 4.85 trilyon tonunun mikroplastikleri oluşturduğu rapor edilmiştir (Prokic ve ark., 2019). Birincil mikroplastiklerin endüstride kullanımı ve dağıtımını sınırlandırmaya yönelik bazı kanun düzenlemeleri yapılmaktadır. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri, Temmuz 2018'den itibaren mikroplastik ürünlerin imalatını yasaklamış bulunmaktadır. Özellikle mikroplastik üretebilecek kozmetik ürünlerin satışını da kısıtlayacak yaptırımları en kısa zamanda yürürlüğe koyulması planlanmaktadır (UNEP, 2014). İngiltere ve Fransa'da yapılan bazı kanun düzenlemeleri ile mikroboncuk içeren kozmetik ve temizlik ürünlerinin satışları ve kullanımı yasaklanmıştır. Birçok Avrupa ülkesi ve Çin ve Avustralya'da plastik ve naylon poşet kullanımı yasaklanmıştır. Kanada, Almanya, İngiltere, Hollanda ve İrlanda'da poşetlerin kullanımı vergilendirilmiştir (Fendall ve Sewell, 2009; Cho ve ark., 2019). Mikroplastikler besin zincirinde üst trofik seviyelere kolayca taşınmaktadır. Üstelik trofik besin zinciri boyunca birikebilen mikroplastiklere çok sayıda çevreye zararlı ağır metaller, pestisitler ve bisfenol-A, gibi kimyasal maddeler de eklenir. Bentik zonda

yaşayan balıklar başta olmak üzere filtrasyonla beslenen midye ve istiridyeler, yengeçler ve çiftliklerde üretilen su ürünlerinde bile mikroplastik parçacıklara rastlanmıştır (Avio ve ark., 2015a,b; Prokic ve ark., 2019). Literatüre bakıldığında MP'lerin varlığı ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda insanları da içine alan büyük riskler olduğu görülmektedir.

Sonuç: MP'lerin risk değerlendirmesi konusunda ülkemizde henüz az sayıda çalışma mevcuttur. Bu durum, mikroplastik riskinin gerçekçi bir şekilde anlaşılmasını engellemektedir. Giderek “plastik gezegen” olma yolunda ilerleyen dünyamız için boyutları “mikro” ama riskleri “mega” olan

mikroplastik parçacık tehlikesi gerçeğini göz ardı edemeyiz. Mikroplastikler genel olarak deniz yaşamı içinde hem doğal türlerin hem de kültür su ürünleri yetiştiriciliğinin sağlığını ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu açıkça sadece sucul çevre için değil insan sağlığı için de büyüyen ve gelecek adına tehlikeli bir sorundur. Gelecekte daha da fazla oranlarda olumsuz etkilerini gözlemleyeceğimiz mikroplastik kirliliği hakkında sucul organizmalarda görülebilecek potansiyel olumsuz risklerinin tam olarak belirlenmesi için daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Abidli S, Lahbib Y, El Menif T (2019). Microplastics in commercial mollusks from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Marine Pollution Bulletin* 142: 243–252.
- Alomar C, Sureda A, Capco C, Guijarro B, Tejada S, Deudero S (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research* 159: 135–142.
- Avio CG, Gorbi S, Milan M, Benedetti M, Fattorini D, D'Errico G, Pauletto M, Bargelloni L, Regoli F (2015a). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution* 198: 211–222.
- Avio CG, Gorbi S, Regoli F (2015b). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research* 111: 18–26.
- Aytan U, Valente A, Senturk Y, Usta R, Esensoy Sahin FB, Mazlum RE, Agirbas E (2016). First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Marine Environmental Research* 119: 22–30.
- Bessa F, Barría P, Neto JM, Frias JPGL, Otero V, Sobral P, Marques JC (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine Pollution Bulletin* 128: 575–584.

- Bordos G, Urbányi B, Micsinai A, Kriszt B, Palotai Z, Szabó I, Hantosi Z, Szoboszlai S (2019). Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere* 216: 110–116.
- Cheung LTO, Lui CY, Fok L (2018). Microplastic contamination of wild and captive Flathead Grey mullet (*Mugil cephalus*). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15: 597–601.
- Cho Y, Shim WJ, Jang M, Han GM, Hong SH (2019). Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environmental Pollution* 245: 1107–1116.
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Galloway TS (2015). The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology* 49: 1130–1137.
- Denizli A, Yavuz H (2017). Mikroplastikler ve Dünyamız. *Tüba Günce* 64: 9.
- Devriese LI, Van der Meulen MD, Maes T, Bekaert K, Paul-Pont I, Frere L, Robbens J, Vethaak AD (2015). Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin* 98: 179–187.
- Digka N, Tsangaris C, Torre M, Anastasopoulou A (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 135: 30–40.
- Donohue MJ, Masura J, Gelatt T, Ream R, Baker JD, Faulhaber K, Lerner DT (2019). Evaluating exposure of northern fur seals, *Callorhinus ursinus*, to microplastic pollution through fecal analysis. *Marine Pollution Bulletin* 138: 213–221.
- Faggio C, Tsarpali V, Dailianis D (2018). Mussel digestive gland as a model tissue for assessing xenobiotics: an overview. *Science of the Total Environment* 636: 220–229.
- FAO (2016). The state of the worlds fisheries and aquaculture 4–10.
- Farrell P, Nelson K (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* to *Carcinus maenas*. *Environmental Pollution* 117: 1–3.
- Fendall LS, Sewell MA (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1225–1228.
- GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. In: Kershaw, P.J., Rochman, C.M. (Eds.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, (220 p).
- Gregory MR (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Biological Sciences* 364(1526): 2013–2025.
- Guzzetti E, Sureda A, Tejada S, Faggio C (2018). Microplastics in marine organisms: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 64: 164–171.
- Güven O, Gökdağ K, Jovanovic B, Kıdeys AE (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution* 223: 286–294.

- Jabeen K, Su L, Li J, Yang D, Tong C, Mu J, Shi H (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution* 221: 141–149.
- Khan FR, Syberg K, Shashoua Y, Bury NR (2015). Influence of polyethylene microplastic beads on the uptake and localization of silver in zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Pollution* 206: 73–79.
- Koelmans AA (2015). Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review. In: *Marine Anthropogenic Litter* 70: 309–324.
- Li HX, Ma LS, Lin L, Ni ZX, Xu XR, Shi HH, Yan Y, Zheng GM, Rittschof D (2018a). Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River estuary, China. *Environmental Pollution* 236: 619–625.
- Li J, Green C, Reynolds A, Shi H, Rotchell JM (2018b). Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environmental Pollution* 241: 35–44.
- Lu Y, Zhang Y, Deng Y, Jiang W, Zhao Y, Geng J, Ding L, Ren H (2016). Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver. *Environmental Science & Technology* 50: 4054–4060.
- Morgana S, Ghigliotti L, Estévez-Calvar N, Stifanese R, Wieckzorek A, Doyle T, Christiansen JS, Faimali M, Garaventa F (2018). Microplastics in the Arctic: a case study with sub-surface water and fish samples of Northeast Greenland. *Environmental Pollution* 242: 1078–1086.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2008). Proceedings of the International Research Workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. In: Arthur C, Baker J, Bamford H. (Eds.), Technical Memorandum NOS-OR&R-30. University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA September 9.11.
- OSPAR (The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic) (2015). Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) Guidelines for Monitoring and Assessment of Plastic Particles in Stomachs of Fulmars in the North Sea area. Agreement 2015-03.
- Pazos RS, Maiztegui T, Colautti DC, Paracampo AH, Gómez N (2017). Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin* 122 (1-2): 85–90.
- Peda C, Caccamo L, Fossi MC, Gai F, Andaloro F, Genovese L, Maricchiolo G (2016). Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics: Preliminary results. *Environmental Pollution* 212: 251–256.
- Perez-Venegas DJ, Seguel M, Pavés H, Pulgar J, Urbina M, Ahrendt C, Galbán-Malagón C (2018). First detection of plastic microfibers in a wild population of South American fur seals (*Arctocephalus australis*) in the Chilean Northern Patagonia. *Marine Pollution Bulletin* 136: 50–54.
- Plastics Europe (2015). Plastics the facts 2015: An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. http://www.plasticseurope.org/documents/document/20151216062602-plastics_the_facts_2015_final_30pages_14122015.pdf
- Pozo K, Gomez V, Torres M, Vera L, Nunez D, Oyarzun P, Mendoza G, Clarke B, Fossi MC, Bainsi M, Pribylova P, Klanova J (2019). Presence and characterization of MPs in fish of

- commercial importance from the Biblio region in the central Chile. *Marine Pollution Bulletin* 140: 315–319.
- Prokic MD, Radovanovic TB, Gavric JP, Faggio C (2019). Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *Trends in Analytical Chemistry* 111: 37–46.
- Provencher JF, Vermaire JC, Avery-Gomm S, Braune BM, Mallory ML (2018). Garbage in guano? Microplastic debris found in faecal precursors of seabirds known to ingest plastics. *Science of Total Environment* 644: 1477–1484.
- Renzi M, Guerranti C, Blaskovic A (2018). Microplastic contents from maricultured and natural mussels. *Marine Pollution Bulletin* 131: 248–251.
- Rochman CM, Hoh E, Kurobe T, Teh SJ (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3: 32–63.
- Rummel CD, Loder MG, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerdts G (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 102: 134–141.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2014). Plastic waste causes financial damage of US\$13 billion to marine ecosystems each year as concern grows over microplastics. <http://www.unep.org/newscentre/default.aspx?DocumentID%42791&articleID%410903>
- Waite HR, Donnelly MJ, Walters LJ (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin* 129: 179–185.
- Yuan W, Liu X, Wang W, Di M, Wang J (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 170: 180–187.
- Yurtsever M (2015). Mikroplastiklere genel bir bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Fen ve Mühendislik Dergisi* 17(50): 68–83.
- Zhu J, Zhang Q, Li Y, Tan S, Kang Z, Yu X, Lan W, Cai L, Wang J, Shi H (2019). Microplastic pollution in the Maowei Sea, a typical mariculture bay of China. *Science of the Total Environment* 658: 62–68.



Room Temperature BTX Sensor Based on Zinc Phthalocyanine Thin Film

Asuman AŞIKOĞLU BOZKURT

Yıldız Technical University, Faculty of Science, Department of Physics, İstanbul
*asikoglu@yildiz.edu.tr

Abstract: This study deals with comparing interaction mechanisms of 2(3), 9(10), 16(17), 23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl)diazanyl) phthalocyaninatozinc(II) (zinc phthalocyanine) thin film with versatile chemical vapours: stable and electron donating aromatic vapours namely; benzene, toluene and xylene. The variation in electrical conductivity of zinc phthalocyanine is used as an indicator of the BTX- zinc phthalocyanine interactions. It was found that, unexpectedly, the exposure of the sensor surface to BTX vapors cause an increase in sensor current. It was observed for low concentrations of BTX vapours that, zinc phthalocyanine based sensor exhibits maximum and minimum sensitivities towards toluene and xylene vapors, respectively. However, the maximum and minimum sensitivities of the sensor gradually changes from xylene to benzene for high concentrations of BTX vapors. These findings was concluded in the framework of reaction activation energy and the presence of some water dissociated species, such as H^+ or OH^- .

Keywords: BTX sensing, phthalocyanine, response time, relative humidity

Oda Sıcaklığında Çinko Ftalosiyanınin BTX Gazlarına Duyarlılığı

Öz: Bu çalışmada; benzen, toluen ve ksilen gibi elektron veren stabil aromatik buharların 2(3), 9(10), 16(17), 23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl)diazanyl) phthalocyaninatozinc(II) (Çinko ftalosiyanine) ince film mekanizması ile etkileşimi karşılaştırılmıştır. Çinko ftalosiyanine'in elektriksel iletkenlikteki değişimi, BTX- çinko ftalosiyanine etkileşiminin bir göstergesi olarak kullanılır. Sensör yüzeyinin BTX buharlarına maruz kalması, sensör akımında beklenmedik bir artışa neden olmaktadır. Düşük BTX buhar konsantrasyonlarında, çinko ftalosiyanine sensörü toluen buharlarına maksimum, ksilen buharına minimum hassasiyet göstermektedir. Ancak, yüksek BTX buhar konsantrasyonlarında ksilen için maksimum, benzene için minimum duyarlılık görülmüştür. Bu bulgular, H^+ ve OH^- gibi bazı ayrılmış su moleküllerinin varlığı ve reaksiyon aktivasyon enerjisinin sonucudur.

Anahtar Kelimeler: BTX algılama, ftalosiyanine, cevap süresi, bağıl nem

1. Introduction

Aromatic hydrocarbons such as benzene, toluene and xylene represent one of the most important class of air pollutant, not only due to their wide spread use in various fields, but also because of their carcinogenicity even at trace levels (Bearzotti et al., 2017; Im et al., 2016; Ueno et al., 2002). According to the Occupational

Safety and Health Administration standard the permissible exposure limits of benzene, toluene, and xylenes is 1, 200, and 100 ppm in the workplace, respectively (OSHA standard). Therefore, development of highly sensitive, low power and cost BTX sensing devices operating at room temperature is an important issue for public health and environmental protection. A number of

sensing materials including pentacene (Bearzotti et al., 2017), mesoporous silica (OSHA standard), yttrium-doped lithium iron phosphate (Nizamidin, 2012), polyacrylate resin (Kadir, 2009), and nano-sized γ -Al₂O₃/PtO₂ composite (Sun, 2014).

The BTX sensing performance of iron tetraphenyl porphyrin and cobalt tetraphenyl porphyrin functionalized single walled carbon nanotubes were investigated by Rushi et al. (2014). The observed high sensitivity to toluene vapor with both sensors was attributed to the presence of –CH₃ group in toluene. The effect of the Pt, Pd and Au decoration on the BTX sensing properties of SnO₂ nanowires were examined by Kim et al. (2016). It was reported that Pt, Pd and Au decorated SnO₂ nanowires exhibit enhanced sensing performance towards C₇H₈, C₆H₆, and CO gases at 400°C. Recently, Geetha et al., (2011) have prepared TiO₂ nanoparticle decorated GaN nanowires for the detection of BTX gases. The sensing experiments showed that there was no significant response to VOC vapours investigated with GaN based sensor. On the other hand, the TiO₂ nanoparticle decorated GaN nanowire based sensor exhibited a strong response to VOCs. Au nanoparticle loaded mono disperse α -MoO₃ hollow spheres was used as sensing element for the detection of BTX gases by Sui et al. (2017). It was found that Au nanoparticle loading leads to a decrease

in optimal working temperature of the sensor. It was also reported that the BTX sensing performance of the α -MoO₃ hollow spheres was improved significantly by Au nanoparticle functionalization. Although metal-oxide based sensors have some advantages such as low production cost, and fast response time, their relatively low selectivity towards BTX gases and high operating temperature (sometimes is high >300°C) are the main drawbacks in the use of metal-oxide semiconductor as sensing element. High operating temperature causes a shift of sensor signal in time and low stability over a long period (Mirzaei et al., 2018).

More recently, organic semiconductor materials have attracted more attention as cost effective, highly sensitive and stable sensing element for BTX detection. Phthalocyanines (Pcs) and their derivatives are the best among other organic compounds due to their excellent chemical and thermal stability, and tunable sensing performance. To date, some phthalocyanine compounds have been successfully explored to fabricating toluene (Şahin et al., 2015) and xylene (Altın et al., 2015) sensors. However, there are very limited studies in literature on the BTX sensing with phthalocyanine thin film. The aim of the present work is to investigate the low level BTX sensing performance of 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl)

diazenyl) phthalocyaninatozinc (II) thin film. This study also highlights the effect of the relative humidity on the BTX sensing behavior of the compound.

2. Material and Methods

For BTX sensing experiments, photolithographically patterned tin interdigital micro electrode (IME) arrays with 100 μm electrode width and 100 μm spacing was used as transducer. 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl) diazenyl) phthalocyaninatozinc (II) (zinc phthalocyanine) was chosen as sensing element and the synthesis details of sensing element can be found elsewhere (Yüzüak et al., 2015). The structural formula of the sensing element is shown in Figure 1. Compound zinc phthalocyanine was synthesized as follows; a mixture of 0.4 mmol 4-((5-Bromo-2-methoxyphenyl)diazenyl)phthalonitrile and 0.5 mmol $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ was transferred into a reaction tube. 0.30 mL DMF and 0.05 mL DBU as catalysts were added and then the reaction mixture was heated to 350 $^\circ\text{C}$. After 10 minutes, the reaction mixture cooled down to room temperature and was precipitated by adding acetic acid.

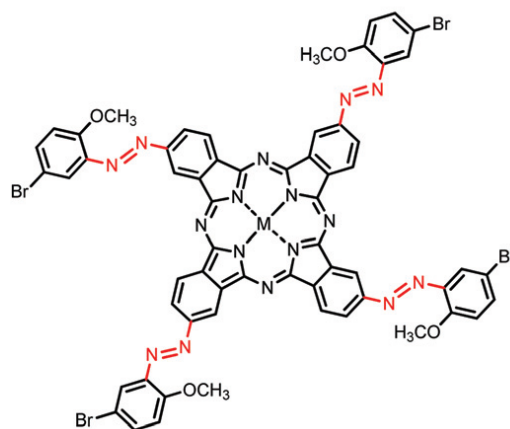


Figure 1. The structural formula for zinc phthalocyanine

The crude product was filtered and washed with an aqueous acetic acid solution and purified by column chromatography. Because of good solubility of the compound zinc phthalocyanine in tetrahydrofuran (THF), thin film of zinc phthalocyanine was formed by spin coating 3×10^{-3} M THF solution of zinc phthalocyanine. In order to be sure that all the solvent in the film was removed, film of the compound zinc phthalocyanine was thermally treated at 110 $^\circ\text{C}$ for 30 min. During the BTX sensing tests, dry nitrogen with a purity level of 99.99% was used as carrier gas and the variation of the sensor current at constant dc bias of 0.5 V was selected as sensor signal as an indicator of the BTX sensitivity. Desired concentrations of the BTX gases were obtained from liquid phase of the aromatic hydrocarbons by bubbling of dry nitrogen gas and the final concentration of target vapors were obtained by mixing the dry nitrogen with the BTX vapor using

computer driven mass flow controllers (Alicat Scientific, Inc.). A typical BTX sensing experiment consisted of exposure to various concentrations of test gases between 30 and 210 ppm and subsequent purging with carrier gas, dry nitrogen in our case. In order to clarify the effect of relative humidity (RH) on the BTX sensing properties of zinc phthalocyanine, the level of the RH during BTX sensing experiments was varied between 0% and 40%

3. Results and Discussion

BTX sensing test experiment was carried out on the 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl) diazenyl) phthalocyaninatozinc (II) thin film at 0% relative humidity condition before the relative humidity dependent measurements. Figure 2 shows the variations of zinc phthalocyanine based sensor current with BTX concentrations in which gas injection and purging stages have been clearly marked. At the initial stage of BTX exposure, a fast increase in sensor current and a drift to the steady state value with increasing exposure time can be seen clearly from the Figure 2. This figure also indicates that the adsorption of the BTX molecules onto the zinc phthalocyanine is a reversible processes. As is clear from the Figure 2 that an unexpected increase in sensor current was observed when the sensor surface interact with weakly electron donating toluene and

xylene as well as the stable aromatic vapour benzene (which is neither reducing nor oxidizing). It is also clear that sensitivity of the sensor shows BTX concentration dependence. For low concentrations of BTX vapours, the sensor exhibits maximum and minimum sensitivities towards toluene and xylene vapors, respectively. However, the maximum and minimum sensitivities of the sensor gradually changes from xylene to benzene for high concentrations of BTX vapors. It was confirmed by photoelectron spectroscopy and photoionization studies that (Koch and Grobman, 1977; Pope, 1972) Pcs exhibit p-type conduction character. In contrary to expectations, as is clear from response-recovery behavior presented in Figure 2, interaction between the BTX vapors and Pc unit result in an increase in sensor current. In addition, it should be mentioned here that the main difference between benzene, toluene and xylene is the presence and the position of methyl groups on the aromatic ring. Increase in sensor current clearly shows that electron transfer from the n-type Pc unit to the BTX molecule took place during interaction. Understanding the exact nature of these interactions is a key challenge in making volatile organic compound vapour sensors. It is generally accepted that the adsorbed oxygen molecules on the Pc surface plays crucial role in the conduction processes. The overall conduction in a Pc based sensor element,

which will determine the sensor response, is determined by the surface reactions, the resulting charge transfer processes with the

underlying and the transport mechanism from one electrode to the other through the sensing layer.

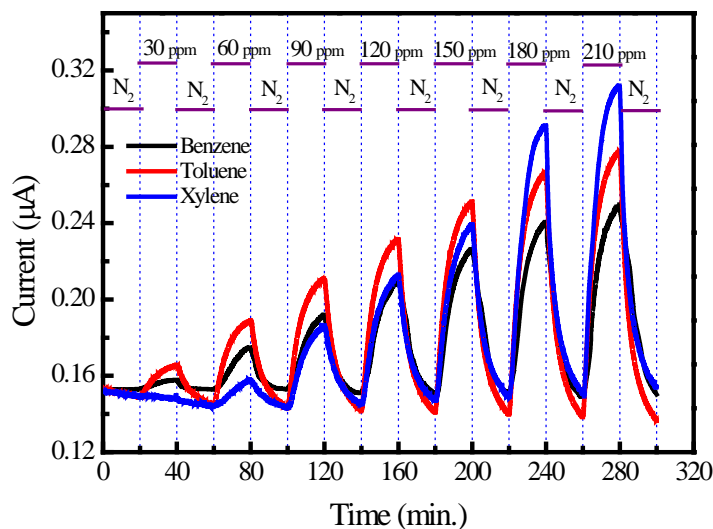


Figure 2. Room temperature response-recovery characteristics of the zinc phthalocyanine based sensor to various concentrations of BTX vapors

It means that the adsorbed O_2 on the sensing layer result in the production of O_2^- and O^- at the surface. It is also considered that when these surface oxygen ions interact with electron donating gases like toluene and xylene release electrons to the Pc molecule and thus cause a decrease in its conductivity. As mentioned above, in the contrary to expectations, when the sensor surface interacts with the reducing gas as well as the stable aromatic vapour such as benzene vapour the conductivity of the sensor increases. If the interaction between the 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl) diazenyl) phthalocyaninatozinc (II) and the BTX vapors have occurred on the phthalocyanine

core the conductivity of the film would have decreased. Instead of that, the opposite trend observed reveals that charge transfer interaction involve at least two mechanism; interaction with central metal ion and surrounding isoindole units of Pc and with substituent group. Our sensing results clearly shows that charge transfer interactions take place between the BTX molecules and substituent group. The sensing capability of the zinc phthalocyanine based sensor was compared with its sensitivity to BTX vapors. The concentration dependent BTX sensitivity of the sensor was presented in Figure 3. Here, the sensitivity (S) of the sensor was defined as

$$S = \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{I - I_0}{I_0} \quad (1)$$

where ΔI is the changes in sensor current at a given concentration of BTX vapor, and I_0 is baseline value of the sensor current. As can be seen from the Figure 3 that the sensor sensitivity is an increasing function of target molecule concentrations for all aromatic vapours investigated. It is also clear from the Figure 3 that, the lowest sensitivity was observed to benzene molecules for all concentrations of the benzene. On the other hand, maximum sensitivity was obtained for toluene and xylene at low and high concentrations of the target molecules, respectively. This observations reveal that the charge transfer interaction between the Pc molecule and the BTX vapors depends on the presence of methyl groups on the aromatic ring. From the sensitivity results (Figure 3), we observed that sensitivity of the zinc phthalocyanine based sensor toward benzene vapours is more less or the same. The low sensitivity to benzene for all concentrations of target molecules can be attributed to the absence of methyl group on the benzene ring. On the other hand, toluene and xylene have one and two methyl groups, respectively, which facilitate the better adsorption of these gases on the Pc film. Although zinc has sufficient electron affinity to attract and bind with the electron clouds

of benzene vapours, which results in increase of its current, interaction mechanism of benzene vapours is on account of overlap of its electron clouds of benzene ring with π delocalized orbitals of metallophthalocyanine ring.

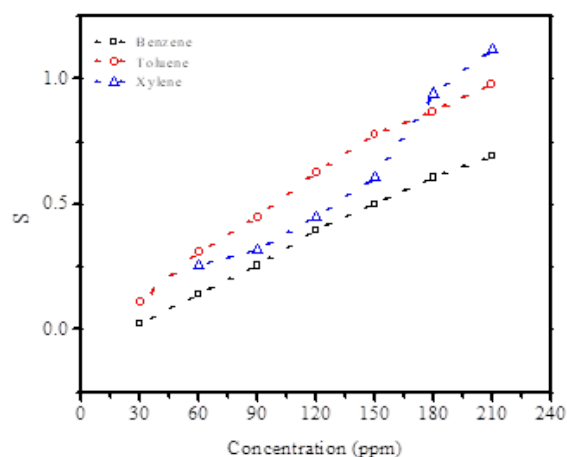


Figure 3. Variation of the sensitivity with BTX concentration

It is well known that the interaction at the metal site is also governed by the chemical properties of the metal such as spin state and electronegativity. In conclusion, it is clear that the presence and the number of the methyl group on target molecules has a strong effect on the adsorption processes (Mirzaei et al., 2018; Shen et al., 2018).

In the present study, we also studied the influence of relative humidity (RH) on the BTX sensing performance using dry nitrogen with different humidity levels as a carrier gas. As a representative result, the variation of the zinc phthalocyanine based sensor current measured when exposed to toluene of varying concentrations in the presence of various levels of relative

humidity between 0% and 40% is depicted in Figure 4. When compared with 0% RH (dry atmosphere), the effect of the RH on both baseline current and the toluene sensitivity of the zinc phthalocyanine based sensor can be clearly seen from this figure. It is clear from the Figure 4 that RH has a strong effect on the baseline sensor current,

it increases with increasing RH level, but also high sensitivity to BTX vapors. It should be mentioned here that the same type of response-recovery behavior was also observed for other VOC vapors, benzene and xylene.

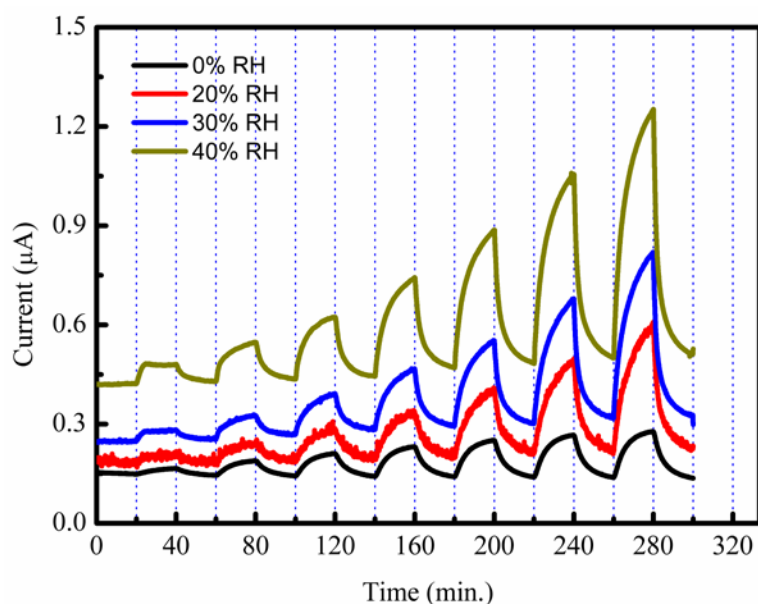


Figure 4. Effect of the RH on the toluene sensing characteristic of the sensor

In order to clarify the effect of the RH on the BTX sensing capability of the zinc phthalocyanine based sensor investigated, toluene sensing performance of the sensor was compared in terms of its sensitivity. Figure 5 shows toluene concentration dependence of the sensor under indicated RH conditions. A close investigation of the Figure 5 indicates that the RH has a negligible effect on the room temperature low concentration toluene sensitivity of the

zinc phthalocyanine based sensor. Also, we observe from Figure 5 that the sensitivity is increased with increase in concentration of toluene from 0.15 at 30 ppm to 1.80 at 210 ppm for zinc phthalocyanine thin film. On the other hand, it is also clear from the Figure 5 that the toluene sensitivity of the sensor increases with increasing RH level. Increasing toluene sensitivity with RH level suggest that pre-adsorbed water molecules facilitate toluene adsorption or behave as

adsorption site. The same type of RH dependence was observed for xylene vapors. Unlike toluene and xylene sensitivity, it was

observed that the benzene sensitivity of the sensor decreases with increasing RH level.

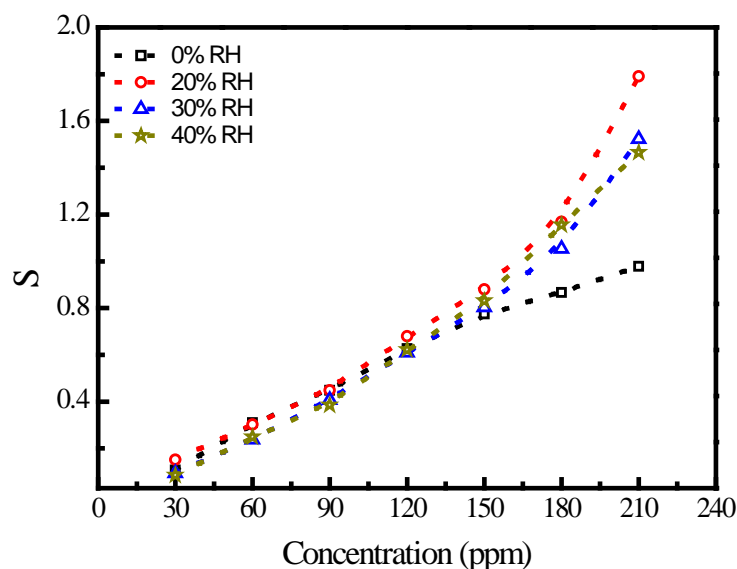


Figure 5. Variation of the sensitivity with toluene concentrations at indicated RH

This suggests that when benzene was under humid conditions, competition between benzene and water vapor for adsorption on the surfaces of the sensor led to a lower sensor sensitivity. BTX sensing performance of the sensor was also compared in terms of response and recovery time, which are estimated from the measured response-recovery characteristics. As usual, response time (τ_{90}) of a sensor is

defined as the time it takes the sensor response to reach 90% of its stable value. Likewise, recovery time (τ_{10}) of a sensor is defined as the time required in returning to 10% below its initial value under dry nitrogen atmosphere. The RH dependence of the response time for zinc phthalocyanine based sensor as function of toluene concentrations, as a representative result, is shown in Figure 6.

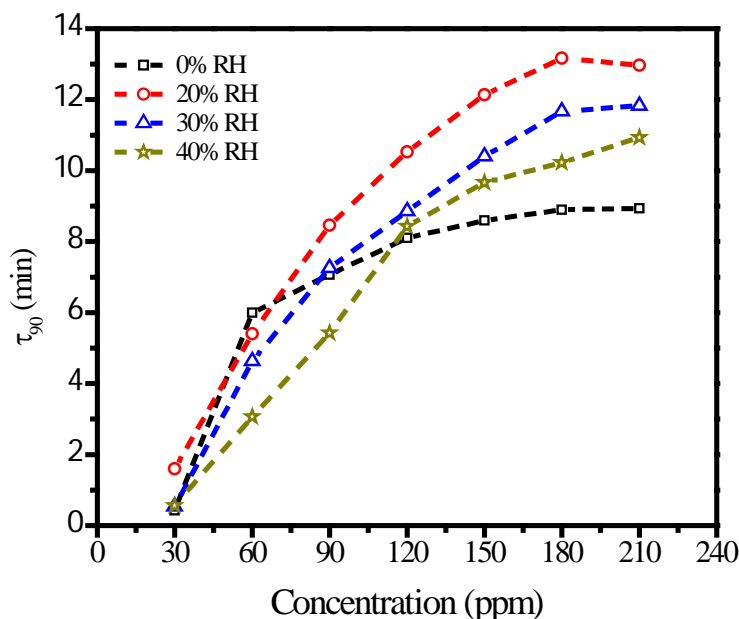


Figure 6. Toluene concentration dependence of the response time

As is clear from the Figure 6 that the response time of sensor to toluene vapor is a function of the toluene concentration, it increases with increasing toluene concentration for all RH levels investigated. It is also clear from the same figure that the low concentration response time of the sensor exhibits RH independent behavior. On the other hand for high concentrations of toluene vapor, the response time of the sensor increases with increasing RH level. The observed RH and concentration dependence reveals that for zinc phthalocyanine based sensor, pour-vapour interaction becomes dominant over vapour-film surface resulting in swelling of thin film after high BTX vapour exposure (Ridhi et al., 2017). Therefore, the increase in response time with increase in BTX concentrations can be attributed to the

swelling of the film. It should be mentioned here that, in general, low concentration response time of the sensor is a decreasing function of the RH level. It decreases with increasing RH. On the other hand, the response time increases with increasing RH level for high concentration of BTX vapor. This observation can be attributed to the presence of some water dissociated species, such as H^+ or OH^- , because of the reduction in reaction activation energy. The effect of the BTX concentration on the recovery time of the sensor under various RH conditions were also investigated. Figure 7 shows the variation of the recovery time with toluene concentration at indicated RH levels for zinc phthalocyanine based sensor. It is clear from this figure that, likewise response time, the recovery time is also an increasing function of toluene concentration for all RH levels.

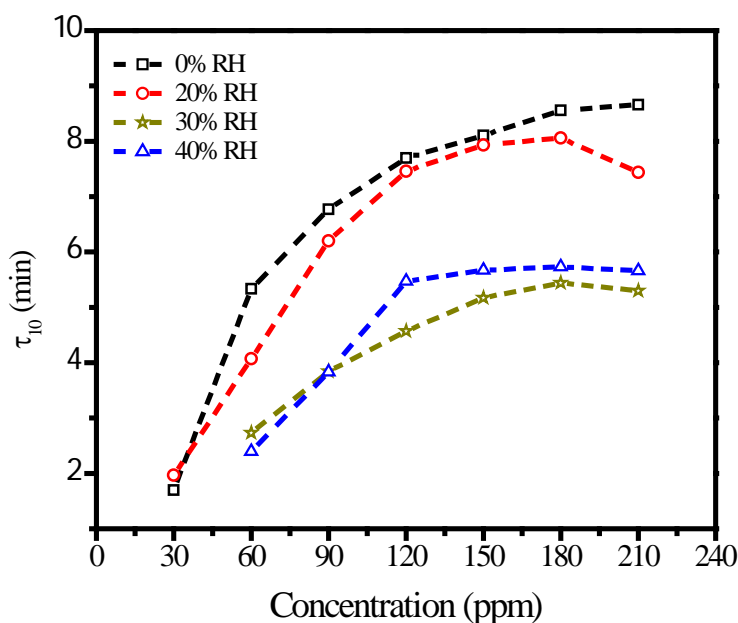


Figure 7. Variation of the recovery time with toluene concentration at indicated RH levels

This might be due to the swelling effect of the BTX vapour adsorption on the film surface. As mentioned above, the interaction activation energy for BTX-film interactions decreases with increasing concentration due to the swelling effect. This reduction in reaction activation energy facilitates the desorption of the adsorbed molecules and thus recovery time of the sensor. A close investigation of the Figure 7 clearly indicates that the recovery time, in contrary to response time, decreases with the increase in RH level for all concentrations of the BTX vapors. This again suggests that the pre-sorbed water molecules affect the sensing behavior of the zinc phthalocyanine based sensor via the presence of some water dissociated species.

4. Conclusion

The selective detection of benzene, toluene and xylene vapours is challenging because of their quite toxic nature and wide spread usage in many industrial applications. On the other hand, because of the relatively low chemical reactivity of the BTX gases, the development highly sensitive resistive based sensor has a crucial importance. In this respect, the room temperature BTX sensing performance of the 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl)diazanyl) phthalocyaninatozinc (II) thin film was investigated. Present work demonstrates that the presence and the number of the – CH₃ group in target molecules has a significant effect on the BTX sensitivity of the 2(3),9(10),16(17),23(24)-Tetra-((5-bromo-2-methoxyphenyl)diazanyl) phthalocyaninatozinc (II) thin film based

sensor. Swelling effect observed at higher vapour concentrations has been found to be more pronounced for zinc phthalocyanine thin film. This suggests that the choice of target molecules to sense is an important parameter for the development of zinc phthalocyanine based sensing element. For BTX sensing, zinc phthalocyanine based

thin film may be considered as a better BTX sensing element.

Acknowledgement

This work has been supported by Yıldız Technical University Research Projects Coordination under project no 2015-01-01-GEP01.

1 References

- 2 Altın Ş, Dumludağ F, Oruç Ç, Altındal A (2015). Influence of humidity on kinetics of
3 xylene adsorption onto ball-type hexanuclear metallophthalocyanine thin film.
4 *Microelectronic Engineering* 134: 7–13.
- 5 Bearzotti A, Macagnano A, Papa P, Venditti I, Zampetti E (2017). A study of a QCM
6 sensor based on pentacene for the detection of BTX vapors in air. *Sensors and*
7 *Actuators* 240: 1160–1164.
- 8 Geetha SA, Abhishek M, Albert VD, Vladimir PO, Kris AB, Norman AS, Mulpuri VR
9 (2011). Highly selective GaN-nanowire/TiO₂-nanocluster hybrid sensors for
10 detection of benzene and related environment pollutants. *Nanotechnology* 22:
11 295503.
- 12 Im J, Sterner ES, Swager TM (2016). Integrated gas sensing system of SWCNT and
13 cellulose polymer concentrator for benzene, toluene, and xylenes. *Sensors* 16:
14 183.
- 15 Kadir R, Yimit A, Ablat H, Mahmut M, Itoh K (2009). Optical waveguide BTX gas
16 sensor based on polyacrylate resin thin film. *Environmental Science and*
17 *Technology* 43: 5113–5116.
- 18 Kim JH, Wu P, Kim HW, Kim SS (2016). Highly Selective Sensing of CO, C₆H₆, and
19 C₇H₈ gases by catalytic functionalization with metal nanoparticle. *ACS Applied*
20 *Material Interfaces* 8: 7173–7183.
- 21 Koch EE, Grobman WD (1977). Ultraviolet photoemission studies of phthalocyanines.
22 *The Journal of Chemical Physics* 67: 837–839.

- 1 Mirzaei A, Kim J, Kim HW, Kim SS (2018). Resistive-based gas sensors for detection
2 of benzene, toluene and xylene (BTX) gases: A review. *Journal of Physical*
3 *Chemistry C* 6: 4342–4370.
- 4 Mirzaei A, Kim J, Kim HW, Kim SS (2018). Resistive-based gas sensors for detection
5 of benzene, toluene and xylene (BTX) gases: A review. *Journal of Materials*
6 *Chemistry C* 6: 4342–4370.
- 7 Nizamidin P, Yimit A, Nurulla I, Itoh K (2012). Optical waveguide BTX gas sensor
8 based on yttrium-doped lithium iron phosphate thin film. *ISRN Spectroscopy*
9 2012: 1–6.
- 10 Occupational Safety and Health Administration (OSHA Standard) 29 CFR 1910.1000.
- 11 Pope M (1962). Surface ionization energies of organic compounds: phthalocyanines.
12 *The Journal of Chemical Physics* 36: 2810–2811.
- 13 Ridhi R, Saini GSS, Tripathi SK (2017). Sensing of organic vapours by sulfonated
14 copper phthalocyanine salt thin films. *Materials Focus* 6: 386–393.
- 15 Rushi AD, Datta KP, Ghosh PS, Mulchandani A, Shirsat MD (2014). Selective
16 discrimination among benzene, toluene, and xylene: 497 probing
17 metalloporphyrin-functionalized single-walled carbon 498 nanotube-based field
18 effect transistors. *The Journal of Physical Chemistry C* 18: 24034–2404.
- 19 Şahin S, Altun S, Altındal A, Odabaş Z (2015). Synthesis of novel azo-bridged
20 phthalocyanines and their toluene vapour sensing properties. *Sensors and*
21 *Actuators B* 206: 601–608.
- 22 Shen Z, Zhang X, Ma X, Mi R, Chen Y, Ruan S (2018). The significant improvement
23 for BTX (benzene, toluene and xylene) sensing performance based on Au-
24 decorated hierarchical ZnO porous rose-like architectures Z. *Sensors and*
25 *Actuators B: Chemical* 262: 86–94.
- 26 Sui L, Zhang X, Cheng X, Wang P, Xu Y, Gao S, Zhao H, Huo L (2017). Au-loaded
27 hierarchical MoO₃ hollow spheres with enhanced gas-sensing performance for
28 the detection of BTX (Benzene, Toluene, And Xylene) and the sensing
29 mechanism. *ACS Applied Material Interfaces* 9(2): 1661–1670.
- 30 Sun Y, Cao X, Liu Y, Wang N, He R (2014). Research on benzene, toluene and
31 dimethyl benzene detection based on a cataluminescence sensor. *Luminescence*
32 29: 122–126.

- 1 Ueno Y, Horiuchi T, Tomita M, Niwa O, Zhou H, Yamada T, Honma I (2002). Separate
2 detection of BTX mixture gas by a microfluidic device using a function of
3 nanosized pores of mesoporous silica adsorbent. *Analytical Chemistry* 74: 5257–
4 5262.
- 5 Yüzüak MM, Altun S, Altındal A, OdabaşZ (2015). Dielectric properties and electronic
6 absorption: a comparison of novel azo- and oxo-bridged phthalocyanines.
7 *Dalton Transactions* 44: 1397–1405.
- 8



PISA Fen, Matematik ve Okuma Puanları Arasındaki Bağımlılık Yapısının Kapula ile Modellenmesi

Mervenur PALA*, Fatih SAĞLAM

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, SAMSUN

* mervenur.pala1@gmail.com

Öz: PISA, bir ülkedeki fen, matematik ve okuma alanlarında öğrencilerin eğitim seviyelerini ölçen güvenilir bir araştırmadır. Bu bağlamda ülkelere ait farklı alanlarda (fen-matematik-okuma) puanlar elde edilerek, ülkelerarası eğitim düzeylerini karşılaştırmak ve ileriye yönelik olarak eğitim politikalarının belirlenmesi amaçlanmıştır. PISA'nın ulusal düzeyde çeviri ve uyarlama işlemleri, analizlerinin yapılması ve ulusal raporun hazırlanması, araştırmaya katılan her ülke için belirlenen ulusal merkezler tarafından yürütülmektedir. Kapulalar, değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını ortaya koyan fonksiyonlar olup, bununla beraber iki ya da çok değişkenli dağılımları oluşturur. Kapula fonksiyonunun asıl amacı, gözlenen verilere en uygun düşen çok değişkenli dağılımı, bağımlılık yapısını da ortaya koyarak elde etmektir. PISA, bireylerin eğitim seviyelerini ortaya çıkaran önemli bir araç olması ve ülkelerin karşılaştırılmasında önemli rol oynaması nedeniyle PISA puanları arasındaki bağımlılık yapısının incelenmesi önemlidir. Bu çalışmada 2006-2015 yılları arasındaki PISA fen, matematik ve okuma puanları için ikili bağımlılık yapıları en uygun kapula modeliyle belirlenmiş ve seçilen modellere göre bağımlılık yapıları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapula, PISA, OECD.

PISA Modeling the Dependency Structure between Science, Mathematics and Reading Scores with Copula

Abstract: PISA is a reliable study that measures the educational levels of students in science, mathematics and reading in a country. In this context, it is aimed to compare the educational levels of the countries and to determine the educational policies for the future by obtaining scores in different fields of the countries. PISA's translation and adaptation at national level, analysis and preparation of the national report are carried out by national centers designated for each participating country. Copulas are functions that represent the structure of dependence between variables and they form multivariate distributions. The main purpose of the copula function is to obtain the multivariate distribution, which is the most appropriate for the observed data, by revealing the dependency structure. It is important to examine the dependence structure between PISA scores, since PISA is an important tool to reveal the educational level of individuals and has an important role in comparing countries. In this study, the most appropriate paired dependence structures for PISA science, mathematics and reading scores between 2006 and 2015 were determined by the most suitable copula model and the dependency structures were interpreted according to the selected models.

Keywords: Copula, PISA, OECD

1. Giriş

Küreselleşen dünyada eğitimin amacı; bireylere bilgi öğretme, bu bilgileri kullanma ve bununla beraber bireyleri

günlük hayatta karşılaştıkları yeni durumlara hazırlamaktır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerin sahip oldukları niteliklerin seviyesini ölçmek için OECD (Organization

of Economic Cooperation and Development) tarafından, her üç yılda bir PISA (The Programme for International Student Assessment) araştırması yapılmaktadır. 2000 yılında başlayan PISA araştırmaları, araştırmaya katılan ülkelerdeki zorunlu eğitimi tamamlamış, 15 yaş üzerindeki bireyler üzerinde uygulanmaktadır. PISA, ülkelerarası öğrencilerin eğitim düzeylerinin karşılaştırılması ve eğitimde eksik yönlerin tespit edilmesinde önemli rol oynadığı için tüm dünyada devlet otoritelerinin ilgilendiği bir araştırmadır (Taş ve ark., 2016).

Araştırmada fen, matematik ve okuma alanlarında beceri puanları elde edilmektedir. PISA araştırmasında bu puanlar değerlendirilirken okuryazarlık kavramı esas alınmaktadır. Bu kavramda öğrencilerin değerlendirilecek olan alanda karşılaştıkları problemi tanımlayabilme, yorumlayabilme, anlayabilme, sahip oldukları bilgileri kullanarak problemin üstesinden gelebilme ve elde ettikleri sonuçlarla iletişim kurabilme becerileri ele alınmaktadır (Taş ve ark., 2016). Bu bağlamda fen, matematik ve okuma becerileri arasında ilişki olması beklenir. Değişkenler arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının belirlenmesi gerekir. Değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını modelleyen kapulalar, bir rastgele değişken vektörünün ortak dağılım fonksiyonu ile bu dağılımın marjinalleri arasında bağıntı kuran

çok değişkenli, özel bir fonksiyondur (Alhan, 2008).

Bu çalışmada 2006-2015 yılları arasındaki PISA fen, matematik ve okuma beceri puanları baz alınmıştır. Fen, matematik ve okuma puanları birer değişken olarak ele alınmış ve bu değişkenler arasındaki bağımlılık yapısı, uygun kapula modelleri belirlenerek incelenmiş ve yıllara göre sonuçlar yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Kapulalar değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını belirlerken, bazı korelasyon ölçümleri ya da parametrik yöntemlerin sahip olduğu varsayımlara ihtiyaç duymadan, değişkenlerin ortak dağılım fonksiyonu ile marjinalleri arasında bağlantı kurar. Bu sayede, kapula ile değişkenler arasında bağımlılık yapısı belirlenirken diğer taraftan da değişkenlere uygun düşen çok değişkenli dağılım elde edilir. Kapulalar ile verilerin normal dağılmadığı ya da dağılımın bilinmediği durumlarda çok değişkenli bir modelle, bağımlılık yapısını yansıtan parametreler elde edilebilir.

Kapulalar, marjinal olasılık dağılımları için herhangi bir varsayım gerektirmeyen bir yaklaşım olup, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki lineer olmayan bağımlılığın modellenmesini sağlar. Ayrıca hiçbir korelasyon ölçüsü bu özelliğe sahip

değildir. Dolayısıyla kapulalar, bağımlılık açısından ölçüden bağımsız olarak çalışmaya olanak sağlaması ve iki ya da daha fazla değişkene sahip dağılım ailelerini inşa etmede başlangıç noktası olması

nedeniyle uygulamada önemli bir yere sahiptir (Nelsen, 2003).

Kapulaları matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$C: I^n \rightarrow I$$

$u \rightarrow C(u)$ fonksiyonu,

- $\forall u \in I^n$ için u 'nun koordinatlarından en az biri 0 ise, $C(u) = 0$ (2.1)
- $\forall u \in I^n$ için u_k hariç u 'nun tüm koordinatları 1 ise, $C(u) = u_k$
- $a \leq b$ olan $\forall a, b \in I^n$ için $V_C([a, b]) \geq 0$

şartlarını sağlıyorsa C 'ye n –boyutlu kapula ya da kısaca n –kapula denir (Nelsen, 1999).

2.1. Sklar Teoremi

Kapulanın varlığını ortaya koyan bu teorem, ortak dağılım fonksiyonu ile

kapulalar arasındaki bağıntıyı tanımlamaktadır.

H , marjinalleri F_1, F_2, \dots, F_n olan n -boyutlu ortak dağılım fonksiyonu olsun. Bu takdirde $\forall x \in \bar{R}^n$ için,

$$H(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \quad (2.2)$$

olacak şekilde bir C n -kapulası vardır. Eğer F_1, F_2, \dots, F_n 'lerin hepsi sürekliyse o zaman C tektir. Aksi takdirde C , F_1, F_2, \dots, F_n 'lerin değer kümelerinin kartezyen çarpımı üzerinde tek türlü tanımlanmıştır. Tersine C bir n -kapula ve F_1, F_2, \dots, F_n dağılım fonksiyonları ise (2.2)

eşitliğinde tanımlanan H fonksiyonu, marjinalleri F_1, F_2, \dots, F_n olan n -boyutlu bir dağılım fonksiyonudur (Sklar, 1959).

H , marjinalleri F_1, F_2, \dots, F_n olan ve kapulası C olan dağılım fonksiyonu olsun. $F_1^{(-1)}, F_2^{(-1)}, \dots, F_n^{(-1)}$ sırasıyla F_1, F_2, \dots, F_n 'lerin yarı tersleri olsun. Bu takdirde herhangi bir $u \in I^n$ için;

$$C(u_1, u_2, \dots, u_n) = H \left(F_1^{(-1)}(u_1), F_2^{(-1)}(u_2), \dots, F_n^{(-1)}(u_n) \right) \quad (2.3)$$

eşitliği Sklar teoreminin bir sonucu olarak sağlanır.

2.2 Kapula Aileleri

2.2.1 Clayton Kapula

Clayton kapula bir Arşimedyen kapuladır. θ bağımlılık parametresi ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(u, v) = (u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1)^{-1/\theta}, \quad 0 \leq \theta < \infty \quad (2.4)$$

$\theta \rightarrow 0$ iken $C(u, v) = \pi(u, v) = uv$ olur ve bağımsızlık kapulasına ulaşılır. $\theta \rightarrow \infty$ iken mükemmel bağımlılığa işaret eder. Clayton kapula için sol kuyruk bağımlılığı dikkate alınmalıdır. Yani, birlikte azalış göstermeye, birlikte artış göstermekten daha yatkın olan gözlemlerde

Clayton kapula tercih edilmelidir (Trivedi ve Zimmer, 2007).

2.2.2 Student's t Kapula

Student's t kapula eliptik bir kapula olup, r Pearson korelasyon katsayısı ve t_v ise v serbestlik dereceli student-t dağılımını belirtmek üzere bu iki bağımlılık parametresi ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(u_1, u_2) = \int_{-\infty}^{t_v^{-1}(u_1)} \int_{-\infty}^{t_v^{-1}(u_2)} \left(1 + \frac{(s^2 - 2rst + t^2)}{v(1-r^2)} \right)^{-\frac{v+2}{2}} ds dt \quad (2.5)$$

Burada t_v^{-1} , v serbestlik derecesine sahip student t dağılımının tersini ifade eder. $v \rightarrow \infty$ için $C(u_1, u_2, r, v) \rightarrow \Phi_G(u_1, u_2, r)$ olur. Yani v sonsuza yaklaştığında, Student's t kapula, Gaussian kapulaya yakınsar. Student's t kapula simetrik bağımlılık sergiler. Alt ve üst kuyruk

bağımlılığı birbirine eşit olup $\lambda_U = \lambda_L = 2t_{v+1} \left(\frac{-\sqrt{v+1}\sqrt{1-r}}{\sqrt{1+r}} \right)$ ile ifade edilir (Wiboonpongse ve ark., 2015).

2.2.3 Gaussian Kapula

Gaussian kapula eliptik bir kapuladır. θ bağımlılık parametresi ile birlikte aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(u, v) = \Phi_G(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v); \theta) \quad (2.6)$$

$$= \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\theta^2}} * \left(\frac{-(s^2 - 2\theta st + t^2)}{2(1-\theta^2)} \right) ds dt$$

Burada Φ standart normal dağılım fonksiyonu, $\Phi_G(u, v)$ iki değişkenli standart normal dağılım fonksiyonudur. Gaussian kapulada θ bağımlılık parametresi, Pearson korelasyon ölçümü olup $[-1, 1]$ aralığına kısıtlanmıştır. $\theta \rightarrow 0$ için bağımsızlık kapulasına dönüşür. $\theta \rightarrow -1$ ve $\theta \rightarrow 1$ olduğunda sırasıyla Frechet alt sınır ve Frechet üst sınırına ulaşır. Eşit derecede pozitif ve negatif bağımlılığa izin verdiği için esnek bir kapula modelidir (Trivedi ve

Zimmer, 2007). Burada u ve v parametrik ya da non-parametrik keyfi bir dağılıma sahip olabilir. Ancak u ve v normal dağılan marjinalerse Gaussian kapula'da iki değişkenli dağılım fonksiyonu normal dağılıma sahiptir (Chen ve ark., 2017).

2.2.4. Gumbel-Hougaard Kapula Ailesi

Gumbel-Hougaard kapula bir Arşimedyen kapuladır. θ bağımlılık parametresi ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(u, v) = \exp\left\{-\left[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta\right]^{1/\theta}\right\}, 1 \leq \theta < \infty \quad (2.7)$$

$\theta \rightarrow 1^+$ için $C(u, v) = \pi(u, v) = uv$ bağımsızlık kapulasına dönüşür. Bu kapula hiçbir θ değeri için Frechet alt sınırına ulaşmaz. Gumbel kapula, güçlü sağ kuyruk bağımlılığı sergiler. Bunun anlamı iki boyutlu rastgele değişkenler birlikte artış göstermeye, birlikte azalış göstermekten daha yatkındır. Küçük değerler için düşük korelasyon, yüksek değerler için güçlü

korelasyona sahip gözlemler varsa, bu tür gözlemler için Gumbel kapula tercih edilmelidir. Gumbel kapula için sağ kuyruk bağımlılığı $\lambda_U = 2 - 2^{1/\theta}$ ile hesaplanır (Trivedi ve Zimmer, 2007).

2.2.5. Frank Kapula

Frank kapula bir arşimedyen kapuladır. θ bağımlılık parametresi ile birlikte aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(u, v) = -\frac{1}{\theta} \ln \left[1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right], \theta \in \mathbb{R} - \{0\} \quad (2.8)$$

$\theta \rightarrow 0$ iken $C(u, v) = \pi(u, v) = uv$ bağımsızlık kapulasına ulaşılır. $\theta \rightarrow \infty$ iken Frechet üst sınırına $\theta \rightarrow -\infty$ iken Frechet alt sınırına eşit olur. Geniş bir parametre uzayına sahip olması ve marjinaler arasındaki negatif bağımlılığın da modellenebilir olması nedeniyle, Frank kapula uygulamalarda daha çok tercih edilmektedir. Frank kapula ile modellenen gözlemler çok güçlü negatif ya da çok güçlü pozitif bağımlılığa sahiptir (Meester ve Mackay, 1994).

2.3 Kapula Tahmini

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \prod_{j=1}^n f_j(x_j) \quad (2.9)$$

$$f_j(x_j) = \frac{\partial F_j(x_j)}{\partial x_j}, j = 1, \dots, n \text{ ve}$$

$$c(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) = \frac{\partial^n c(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n))}{\partial F_1(x_1) \partial F_2(x_2) \dots \partial F_n(x_n)} \quad (2.10)$$

olmak üzere, c kapula yoğunluğu C kapulasının n . mertebeden kısmi türevini, f_j 'ler ise marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonlarını ifade etmektedir. Kapulaların istatistiksel modellenmesi iki adımda gerçekleşir. İlk olarak marjinal

Rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapısı kapula ile istatistiksel olarak, bir parametre ya da parametreler vektörü ile belirlenebilmektedir. Parametrelerin tahmin edilmesinde kullanılan maksimum olabilirlik yönteminde, tahmin edilen çok değişkenli dağılımın, marjinal dağılımlarına ait parametreleri ile bağımlılık yapısını karakterize eden kapulaya ilişkin parametrelerin tamamı eşanlı olarak tahmin edilir (Joe, 1997).

Çok değişkenli bir dağılımın kanonik gösterimi aşağıdaki gibidir.

dağılımlar belirlenir ve daha sonra uygun kapula fonksiyonu tanımlanır (Cherubini ve ark., 2004).

Örnek veri matrisi $S = \{x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt}\}_{t=1}^T$ olsun. Bu takdirde, log-olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$l(\theta) = \sum_{t=1}^T \ln\{c(F_1(x_{1t}), F_2(x_{2t}), \dots, F_n(x_{nt}))\} + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \ln f_j(x_{jt}) \quad (2.11)$$

Burada θ , kapula ve marjinallere ilişkin parametreler vektörüdür. Marjinal dağılımlar ve kapula fonksiyonu biliniyorsa, yukarıdaki log-olabilirlik fonksiyonu yazılır ve maksimum olabilirlik tahmin edicisi $\hat{\theta}_{MLE} = \text{maxl}(\theta)$ ile bulunur.

2.4 Kapula Seçimi

Farklı kapula fonksiyonları farklı bağımlılık modelleri sergiler. Bu nedenle, bağımlılık yapısı araştırılmak istenildiğinde, birkaç kapula modeli tahmin edilir ve verilere en uygun olanı seçilir (Trivedi ve Zimmer, 2005).

Maksimum olabilirlik fonksiyonu ile kullanılan AIC ya da BIC değerleri ile kapula seçimine karar verilir.

$$BIC = -2 \ln(L) + k \ln(n) \quad (2.12)$$

Burada $\ln(L)$ maksimize edilmiş log-olabilirlik değeri, k parametre sayısı, n ise gözlemlerin sayısıdır. En küçük BIC değerine sahip kapula, bağımlılığı en iyi yansıtan modeldir (Akaike, 1974).

$$AIC = -2 \ln(L) + 2k \quad (2.13)$$

Benzer şekilde, $\ln(L)$ maksimize edilmiş log-olabilirlik değeri, k parametre sayısı olmak üzere en küçük AIC değerine sahip olan kapula, en iyi uyuma sahip kapuladır.

3. Bulgular

Bu çalışmada 31 ülkenin, 2006-2015 yıllarına ait PISA fen, matematik ve okuma puanları üzerinde araştırma yapılmıştır. Fen, matematik ve okuma puanları birer tesadüfi değişken olarak ele alınmış ve aralarındaki ikili bağımlılık yapıları için en uygun kapula modelleri tespit edilmiştir. Bağımlılık yapısını karakterize eden parametreler, parametrik yöntemlerden olan maksimum olabilirlik yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen kapula modellerinden en uygun olanı AIC ve BIC değerlerine bakılarak minimum değere sahip olan model tercih edilmiştir. Tercih edilen kapula modeline göre ikili bağımlılık yapıları yıllara göre yorumlanmıştır.

2006-2015 yılları arasındaki Fen-Matematik, Fen-Okuma, Okuma-Matematik puanları arasındaki ikili bağımlılık yapıları incelendiğinde, kapula modellerine ait elde edilen AIC ve BIC değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. En küçük AIC veya BIC değeri baz alınarak seçilen kapula modelleriyle puanlar arasındaki ikili bağımlılık yapıları belirlenmiştir.

Çizelge 1. Fen-Matematik, Fen-Okuma, Okuma-Matematik puanları arasındaki ikili kapula modellerine ait elde edilen AIC ve BIC değerleri

İkili	Yıl	Aile	AIC	BIC
FEN-MAT	2006	Gaussian	-57.71	-56.28
		Student's t	-55.7	-52.83
		Clayton	-75.48	-74.04
		Gumbel	-46.91	-45.48
		Frank	-52.59	-51.16
		Joe	-33.68	-32.24
FEN-OKUMA	2006	Gaussian	-33.01	-31.58
		Student's t	-32.41	-29.55
		Clayton	-39.27	-37.83
		Gumbel	-27.72	-26.28
		Frank	-30.17	-28.74
		Joe	-19.04	-17.61
OKUMA-MAT	2006	Gaussian	-40.27	-38.84
		Student's t	-38.35	-35.48
		Clayton	-40.13	-38.7
		Gumbel	-35.67	-34.23
		Frank	-33	-31.57
		Joe	-27.73	-26.3
FEN-MAT	2009	Gaussian	-57.2	-55.77
		Student's t	-55.07	-52.21
		Clayton	-66.19	-64.75
		Gumbel	-47.53	-46.1
		Frank	-48.13	-46.69
		Joe	-35.85	-34.42
FEN-OKUMA	2009	Gaussian	-40.58	-39.15
		Student's t	-40.75	-37.88
		Clayton	-36.45	-35.02
		Gumbel	-38.92	-37.48
		Frank	-37.74	-36.3
		Joe	-32.25	-30.81
OKUMA-MAT	2009	Gaussian	-58.73	-57.3
		Student's t	-60.07	-57.21
		Clayton	-46.45	-45.02
		Gumbel	-61.89	-60.46
		Frank	-56.14	-54.7
		Joe	-56.51	-55.08
FEN-MAT	2012	Gaussian	-59.72	-58.28
		Student's t	-58.01	-55.14
		Clayton	-71.51	-70.08
		Gumbel	-49.2	-47.77
		Frank	-56.63	-55.2
		Joe	-35.75	-34.32
FEN-OKUMA	2012	Gaussian	-39.76	-38.33
		Student's t	-49.74	-46.87
		Clayton	-37.37	-35.93
		Gumbel	-45.47	-44.04
		Frank	-39.67	-38.24
		Joe	-39.98	-38.54
OKUMA-MAT	2012	Gaussian	-41.78	-40.35
		Student's t	-40.8	-37.94
		Clayton	-37.98	-36.55
		Gumbel	-39	-37.56
		Frank	-39.38	-37.95
		Joe	-31.02	-29.59
FEN-MAT	2015	Gaussian	-44.11	-42.68
		Student's t	-44.76	-41.89
		Clayton	-52.45	-51.01
		Gumbel	-38.81	-37.38
		Frank	-38.34	-36.91

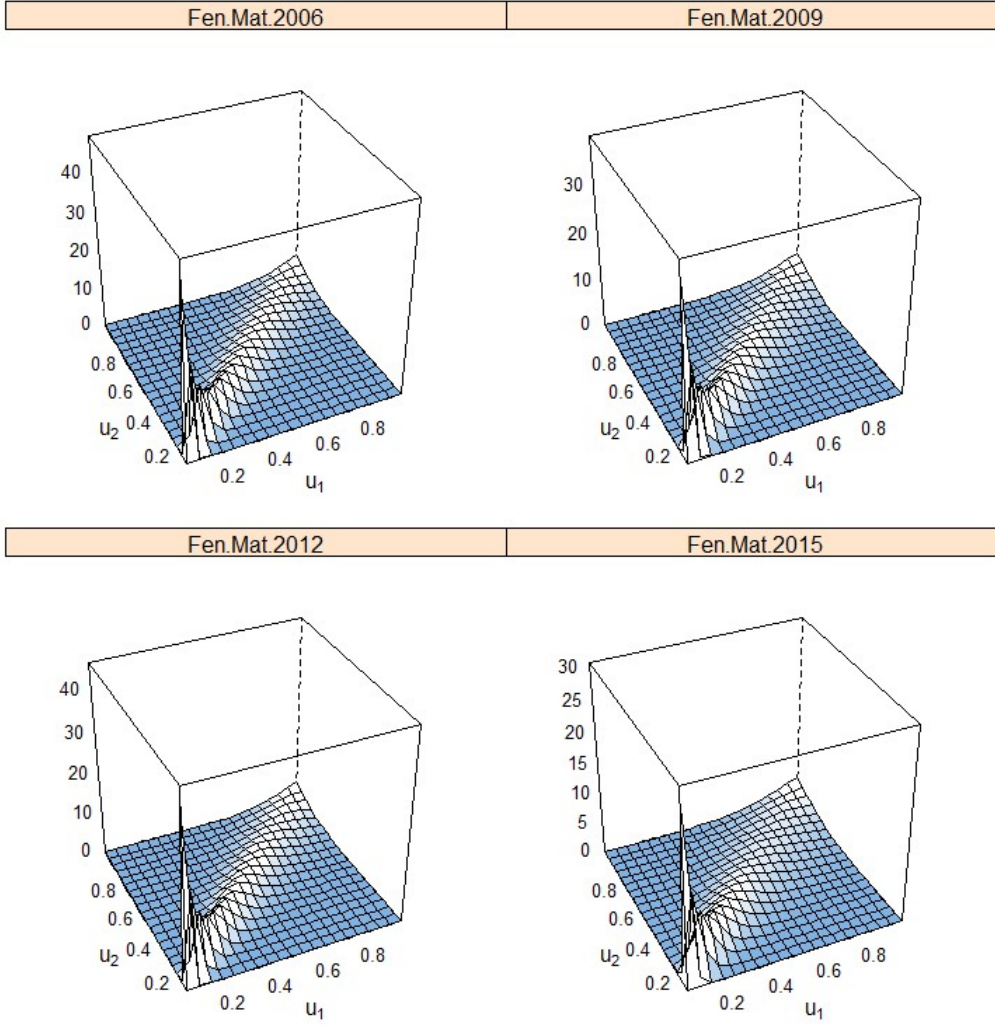
FEN-OKUMA	2015	Joe	-29.29	-27.86
		Gaussian	-35.24	-33.81
		Student's t	-39.2	-36.33
		Clayton	-29.73	-28.3
		Gumbel	-36.74	-35.31
		Frank	-40.29	-38.86
OKUMA-MAT	2015	Joe	-30.76	-29.33
		Gaussian	-33.45	-32.02
		Student's t	-31.54	-28.67
		Clayton	-33.1	-31.67
		Gumbel	-26.72	-25.28
		Frank	-37.19	-35.76
		Joe	-17,82	-16,39

Fen-Matematik puanları arasındaki bağımlılık yapısına göre seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler Çizelge 2'de verilmiştir. Fen-Matematik puanları arasındaki bağımlılığı en iyi modelleyen Clayton kapula ailesi olmuştur. Bu aileye ait parametreler; 2006 yılı için 8.207788, 2009 yılı için 6.610368, 2012 yılı için 7.743329 ve 2015 yılı için 5.098275 olarak elde edilmiştir. Bunun

anlamı bireylere ait Fen-Matematik puanlarının, tüm yıllarda birlikte azalmaya eğilimli olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle bireylerin fen puanları azaldığında, matematik puanlarının da azaldığını benzer şekilde matematik puanları azaldığında, fen puanlarının da azaldığını söylemek mümkündür. Yıllara göre Fen-Matematik puanları arasındaki bağımlılık yapısı Şekil 1'deki gibi gösterilebilir.

Çizelge 2. Fen-Matematik puanları arasında seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler

İkililer	Yıllar	Aileler	par1	par2	tau
FEN-MAT	2006	Clayton	8.207788	0	0.804071
FEN-MAT	2009	Clayton	6.610368	0	0.767722
FEN-MAT	2012	Clayton	7.743329	0	0.794731
FEN-MAT	2015	Clayton	5.098275	0	0.718241



Şekil 1. Yıllara göre Fen-Matematik puanları arasındaki bağımlılık yapıları

Fen-Okuma puanları arasındaki bağımlılık yapısına göre seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler Çizelge 3’de verilmiştir. 2006 yılında Fen-Okuma puanları arasındaki bağımlılığı en iyi modelleyen Clayton kapula ailesi olmuştur. Fen-Okuma puanlarının birlikte azalmaya eğilimli olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle bireylerin fen puanları azaldığında, okuma puanlarının da azaldığını benzer şekilde okuma puanları azaldığında, fen puanlarının

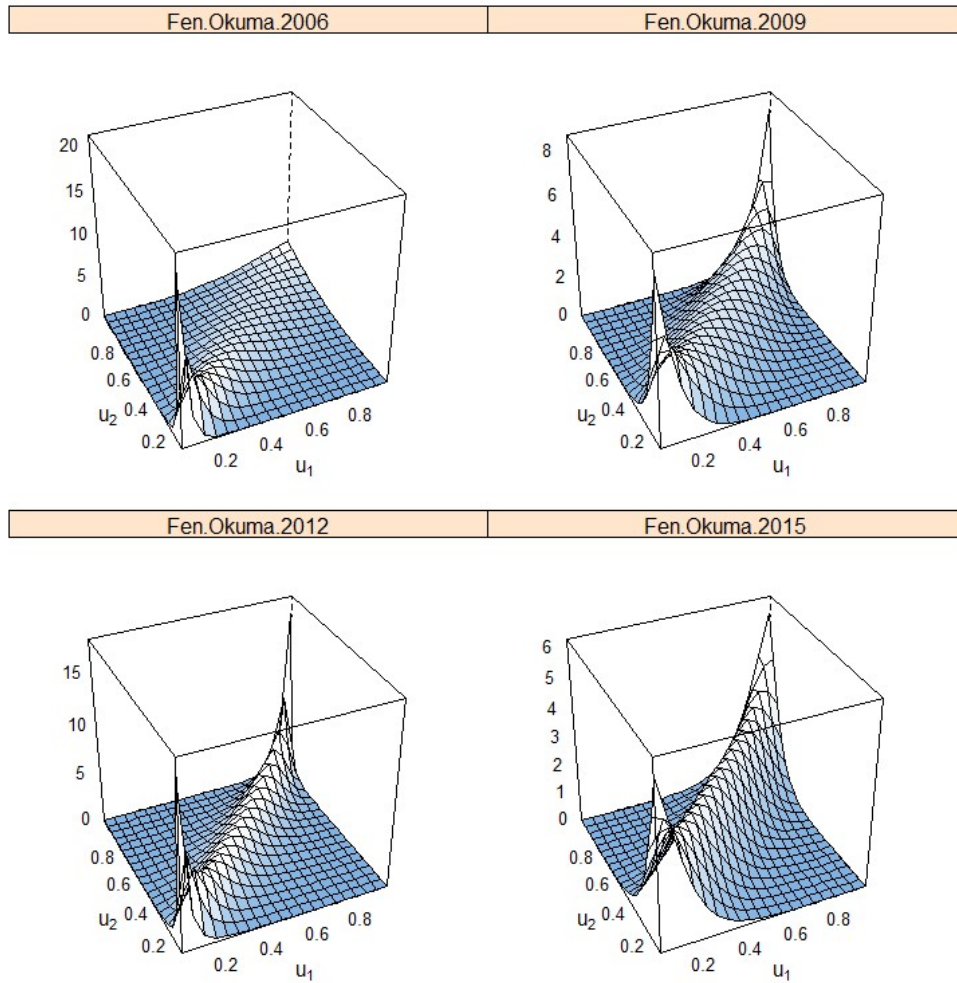
da azaldığını söylemek mümkündür. 2009 yılı için, Fen-Okuma puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Gaussian kapula parametresi 0.885637 olarak bulunmuştur. Fen-Okuma puanları arasında güçlü pozitif bağımlılık söz konusudur. Bunun anlamı, Fen ve okuma puanlarının biri artarken diğerinin artma, biri azalırken diğerinin azalma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. 2012 yılı için, Fen-Okuma puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Student’s t kapula parametresi

0.918422 olarak bulunmuştur. Fen-Okuma puanları arasında güçlü bir simetrik bağımlılık söz konusudur. 2015 yılı için, Fen-Okuma puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Frank kapula parametresi 11.618 olarak bulunmuştur. Fen-Okuma puanları arasında diğer yıllara kıyasla daha

güçlü pozitif bağımlılık söz konusudur. Yıllara göre Fen-Okuma puanları arasındaki bağımlılık yapısı Şekil 2'deki gibi gösterilebilir.

Çizelge 3. Fen-Okuma puanları arasında seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler

İkililer	Yıllar	Aileler	par1	par2	tau
FEN-OKUMA	2006	Clayton	3.489343	0	0.635658
FEN-OKUMA	2009	Gaussian	0.885637	0	0.692555
FEN-OKUMA	2012	t	0.918422	2.0001	0.741073
FEN-OKUMA	2015	Frank	11.618	0	0.70445



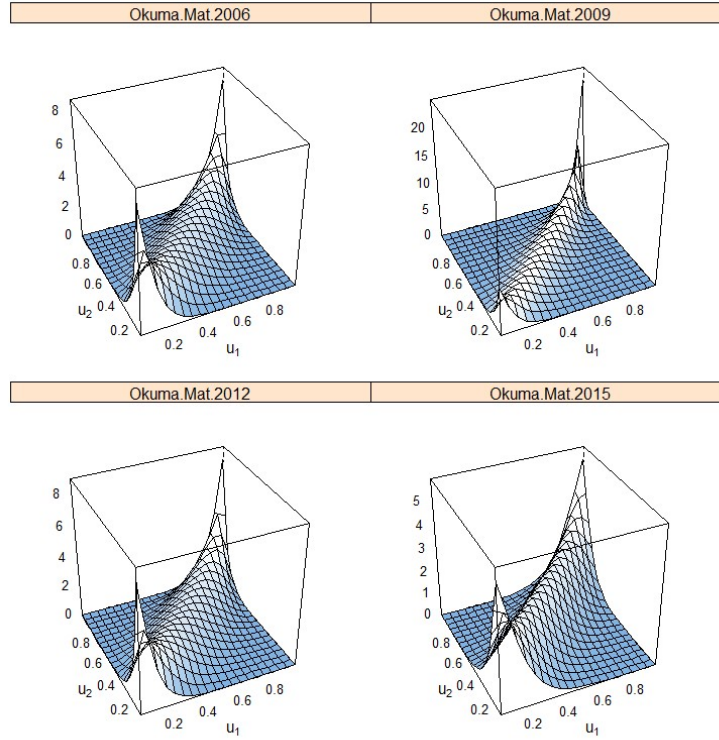
Şekil 2. Yıllara göre Fen-Okuma puanları arasındaki bağımlılık yapıları

Okuma-Matematik puanları bağımlılık yapısına göre seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler Çizelge 4’de verilmiştir. 2006 yılı için, Okuma-Matematik puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Gaussian kapula parametresi 0.884366 olarak bulunmuştur. Okuma-Matematik puanları arasında güçlü pozitif bağımlılık söz konusudur. Bunun anlamı, Okuma ve Matematik puanlarının biri artarken diğerinin artma, biri azalırken diğerinin azalma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. 2009 yılı için, Okuma-Matematik puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Gumbel kapula parametresi 4.586192 olarak bulunmuştur. Okuma-Matematik puanlarının birlikte artmaya

eğilimli olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle bireylerin okuma puanları arttığında, matematik puanlarının da arttığı benzer şekilde matematik puanları arttığında, okuma puanlarının da arttığını söylemek mümkündür. 2012 yılı için, Okuma-Matematik puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Gaussian kapula parametresi 0.890511 olarak bulunmuştur. Okuma-Matematik puanları arasında güçlü pozitif bağımlılık söz konusudur. 2015 yılı için, Okuma-Matematik puanları arasında bağımlılığı en iyi modelleyen Frank kapula parametresi 10.40644 olarak bulunmuştur. Yıllara göre Okuma-Matematik puanları arasındaki bağımlılık yapısı Şekil 3’deki gibi gösterilebilir.

Çizelge 4. Okuma-Matematik puanları arasında seçilen en uygun kapula modelleri ve bu modellere ait parametreler

İkililer	Yıllar	Aileler	par1	par2	tau
OKUMA-MAT	2006	Gaussian	0,884366	0	0,690818
OKUMA-MAT	2009	Gumbel	4,586192	0	0,781954
OKUMA-MAT	2012	Gaussian	0,890511	0	0,699306
OKUMA-MAT	2015	Frank	10,40644	0	0,676368



Şekil 3. Yıllara göre Okuma-Matematik puanları arasındaki bağımlılık yapıları

4. Tartışma

PISA 2006-2015 yılları arasındaki Fen, Matematik ve Okuma puanlarının ikili bağımlılık yapıları kapula modelleri ile belirlenmiş ve en uygun kapula modelinin seçimine AIC ve BIC değerlerine bakılarak karar verilmiştir.

Fen-Matematik puanlarının tüm yıllarda sol kuyruk bağımlılığına sahip olduğu ve 2015 yılında Fen-Matematik puanları arasında bağımlılığın en az, 2006 yılında ise en fazla olduğu görülmektedir. 2006 yılı Fen-Okuma puanlarının sol kuyruk bağımlılığı sergilediği ve 2015 yılı Fen-Okuma puanlarının diğer yıllara kıyasla daha güçlü bağımlılık yapısına sahip olduğu

görülmektedir. 2009 yılı Okuma-Matematik puanlarının sağ kuyruk bağımlılığı sergilediği ve 2015 yılı Okuma-Matematik puanları arasında diğer yıllara kıyasla daha güçlü pozitif bağımlılık yapısına sahip olduğu elde edilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, Fen-Okuma ve Okuma-Matematik arasındaki bağımlılığın son yıllarda daha da arttığı görülmektedir. Ülkeler bireylerin okuma becerilerini geliştirdiğinde ve bununla ilgili eğitim politikalarına yön verdiğinde, Matematik ve Fen alanında başarının daha da artacağını söyleyebiliriz.

Kaynaklar

- Akaike H (1974). A new look at the statistical model identification. *In Selected Papers of Hirotugu Akaike, Springer, New York, 215-222.*
- Alhan A (2008). Bağımsızlık kapulasını içeren kapula aileleri, kapula tahmin yöntemleri ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında sektörler arası bağımlılık yapısı. *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, 162, Ankara.*
- Cherubini U, Luciano E, Vecchiato W (2004). Copula methods in finance. *John Wiley and Sons, 289, New York.*
- Chen M, Yu G, Chen P, Wang Y (2017). A copula-based approach for estimating the travel time reliability of urban arterial. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 82: 1-23.*
- Joe H (1997). Multivariate models and multivariate dependence concepts. *CRC Press 395, London.*
- Meester SG, Mackay J (1994). A parametric model for cluster correlated categorical data. *Biometrics 954-963.*
- Nelsen RB (2003). Properties and applications of Copulas: A Brief Survey. In Proceedings of the First Brazilian Conference on Statistical Modeling in Insurance and Finance, September, University Press USP: Sao Paulo, Brazil, pp. 10-28.
- Nelsen RB (1999). An introduction to Copulas. *Springer, New York, 1-4.*
- Sklar A (1959). Fonctions de Répartition à n Dimensions et Leurs Marges. *Publ Inst Statist Univ 8: 229-231.*
- Trivedi PK, Zimmer DM (2005). Copula modeling: An introduction for practitioners. *Publishers Inc., 28, Hanover, USA.*
- Trivedi PK, Zimmer DM (2007). Copula modeling: An introduction for practitioners. *Foundations and Trends in Econometrics 1(1): 1-111.*
- Taş UE, Arıcı Ö, Ozarkan HB, Özgürlük B (2016). PISA 2015 ulusal raporu. *Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.*
- Wiboonpongse A, Liu J, Sriboonchitta S, Denoeux T (2015). Modeling dependence between error components of the stochastic frontier model using Copula: Application to intercrop coffee production in Northern Thailand. *International Journal of Approximate Reasoning 65: 34-44.*
- URL-1: <http://www.oecd.org/pisa/data/> (Erişim Tarihi: 29.06.2017)



Endemik *Stachys pumila* Banks & Sol. ve *Stachys citrina* Boiss. & Heldr. (*Lamiaceae*) Türleri Üzerine Karşılaştırmalı Anatomik ve Mikromorfolojik Bir Çalışma

Muhittin DİNÇ¹, Mustafa İÇELİ¹, Süleyman DOĞU^{2,*}

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi, KONYA

²Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, KONYA

* suleymandogu@gmail.com

Öz: Bu çalışmada, Türkiye’de yayılış gösteren *Infrarosularis* Bhattacharjee sekiyonuna ait endemik *Stachys pumila* Banks ve Sol., *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis* taksonları, anatomik ve mikromorfolojik olarak çalışılmış ve karşılaştırılmıştır. Her üç taksona ait Türkiye’nin farklı yerlerinden toplanan örnekler çalışmanın materyalini teşkil etmiştir. Toplanan örneklerin bir kısmı herbaryum materyali haline getirilirken, bir kısmı da %70’lik alkol içinde muhafaza edilmiştir. Anatomik çalışmalar için alkol içindeki örneklerden manuel olarak gövde ve yaprak enine kesitleri ile yaprak yüzeysel kesitleri alınmış ve daimi preparat haline getirilmiştir. Anatomik deskripsiyonlar ve tüy morfolojileri daimi preparatların incelenmesi ve çekilen fotoğrafların değerlendirilmesi ile yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, anatomik karakterler ve tüy morfolojisi karakterlerinin yakın akraba türler olan *S. citrina* ile *S. pumila*’nın taksonomik sınıflandırılmasında değere sahip olduğunu, fakat *S. citrina*’nın alt türlerinin ayırımında değerlerinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Anatomi, *Stachys pumila*, *Stachys citrina*, taksonomi, tüy, Türkiye.

Comparative Anatomical and Micromorphological Study on Turkish Endemic *Stachys pumila* Banks & Sol. and *Stachys citrina* Boiss. & Heldr.

Abstract: In this study, *Stachys pumila* Banks & Sol., *S. citrina* subsp. *citrina* and *S. citrina* subsp. *chamaesideritis* included in sect. *Infrarosularis* Bhattacharjee were studied anatomical and micromorphological point of view and compared each other. The samples belong to the taxa which were collected from different localities in Turkey were composed of the study materials. When some materials were kept in 70 % alcohol, the rests were preserved as herbarium samples. For the anatomical studies, the cross-sections of leaf and stem along with the surface sections of leaf were manually obtained from the samples in the alcohol, and the permanent preparats were arranged. Anatomical descriptions and determinations of the trichome morphologies were made by the observation of the permanent preparats and the evaluation of the photos. The results obtained from the present study, the anatomical characters along with the morphological and trichome have taxonomic value in delimitation of *S. pumila* and *S. citrina*, but they have limited taxonomic importance in separation of the subspecies of *S. citrina*.

Keywords: Anatomy, *Stachys pumila*, *Stachys citrina*, taxonomy, trichome, Turkey.

1. Giriş

Lamiaceae (Labiatae) familyası bitkileri Kuzey Kutbu’ndan Himalayalar’a, Güney Doğu Asya’dan Havai ve

Avustralya’ya, Afrika ve Amerika’ya kadar geniş bir alanda yetişmekle birlikte, özellikle Akdeniz Bölgesi’nde oldukça yoğun bir yayılışa sahiptir. Dünya üzerinde 224 cins

ve yaklaşık 5600 tür ile temsil edilen kozmopolit bir familyadır. Türkiye Florası'nda ise Lamiaceae familyası 45 cins, 565 tür ve toplam 735 takson ile temsil edilmektedir (Duman ve ark., 2005).

Stachys L. içerdiği 300 civarındaki tür ile Lamiaceae familyasının en büyük cinslerinden biridir. Bu cins, kozmopolit olup Akdeniz ve Güneybatı Asya'nın ılıman bölgelerinde merkezlenmiş, ikincil yayılış merkezleri olarak da Kuzey ve Güney Amerika ile Güney Afrika göze çarpmaktadır. Tür sayısı bakımından cinsin iki merkezi bulunmaktadır. Birisi Güney ve Doğu Anadolu, Kafkasya, Kuzeybatı İran ve Güney Irak'ı içine alan bölge, diğeri ise Balkan Yarımadası'dır. Cinsin türlerinin büyük çoğunluğu kayalık alanlarda, özellikle de kalker kayalıklarda yayılış göstermektedir (Bhattacharjee, 1980).

Stachys cinsi, Türkiye Florası'nda Bhattacharjee (1982) tarafından revize edilmiştir. Bu çalışmaya göre cins, Türkiye Florası'nda 12 alt seksiyon, 15 seksiyon ve 2 alt cinse mensup 72 tür ile temsil edilmektedir (Bhattacharjee, 1982). Bu türlerden 6 tanesini içeren *Infrarosularis* seksiyonu, 7 takson içermektedir.

Davis ve ark. (1988), Türkiye Florası'nın 10. ek cildinde, *Stachys choruhensis*, *Stachys antalyaensis*, *Stachys chasmosericea*, *Stachys tundjeliensis* türlerinin Türkiye Florası'na katıldığını rapor etmişlerdir. Bunlardan *Stachys*

choruhensis'in *Infrarosularis* seksiyonuna katılımıyla seksiyondaki tür sayısı 7'ye, takson sayısı 8'e çıkmıştır.

Duman (2000), Türkiye Florası'nın ek 11. cildinde, *Stachys cydni* ile birlikte Türkiye Florası için 5 *Stachys* türünün daha belirlendiğini rapor etmiştir. Bu türler: *S. anamurensis*, *S. sivasica*, *S. baytopiorium*, *S. willemsei*, *S. cydni*'dir. Bunlardan *S. anamurensis*, *S. sivasica*, *S. willemsei*, *S. cydni* türleri endemiktir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda *Stachys* cinsine mensup 5 takson daha tanımlanmıştır (Dinç ve Doğan, 2006; İlçim ve ark., 2008; Daşkın ve ark., 2009; Akçiçek, 2010). Bunlardan *Stachys marashica* ve *S. gaziantepensis*'in *Infrarosularis* seksiyonuna katılımıyla seksiyondaki tür sayısı 9'a çıkmıştır (Akçiçek 2012).

Son zamanlarda, tohumlu bitkilerin taksonomisinin daha iyi anlaşılabilmesi ve birçok grupta var olan taksonomik problemlerin çözülebilmesi için, klasik morfolojik verileri destekleyebilecek farklı parametreler üzerinde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bunlardan anatomik ve mikromorfolojik karakterler en yoğun olarak çalışılan parametreler arasındadır. Anatomik karakterlerin bitki taksonomisindeki potansiyel önemi eskiden beri bilinmektedir (Metcalf ve Chalk, 1950, 1983).

Ülkemizdeki Lamiaceae familyasının değişik cinslerine ait türler üzerinde yapılmış çok sayıda anatomik çalışma

bulunmaktadır. (Kahraman ve ark., 2009, 2010a ve b; Özdemir ve Şenel, 1999-2001; Baran ve Özdemir, 2009; Dinç ve ark., 2008a, ve b, 2009, 2011; Güvenç ve Duman, 2010; Özcan ve Ağaoğlu, 2014; Demirelma ve ark., 2018). Bununla birlikte *Stachys* cinsi üzerine yapılan anatomik çalışmalar kısıtlıdır (Uysal, 2002, 2003; Dinç ve Öztürk, 2008a).

Lamiaceae familyasına ait bitkiler genellikle bütün yüzeylelerinde tüylere sahiptir. Bu tüyler hem örtü hem de salgı tüyleri şeklindedir. Bu bitkilerin başlıca salgı organı olan salgı tüyleri generatif organlarda da bulunabilmektedir (Mihalik, 1992). Familya üyelerinde çok hücreli başlı kapitat salgı tüylerinin yanında değişik tipte tüylere de rastlanmaktadır (Özörgücü ve ark., 1991; Özdemir ve Şenel, 1999). Lamiaceae familyasında, tüylerin taksonomik değeri ve filogenetik ilişkileri açısından sistematik önemi iyi bilinmektedir (Abu Assab ve Cantino, 1987). Tüy, familyaya ait bazı cinsler için çok önemli taksonomik karakterler arasında yer almaktadır. Lamiaceae familyasına ait farklı cinsler üzerinde tüy morfolojisi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Satıl ve Kaya, 2007; Satıl ve ark., 2011).

Sadece klasik morfolojiye göre yapılan sınıflandırmalarda kesin olarak çözümlenemeyen taksonomik problemler, son dönemlerde modern taksonomik parametrelerin kullanılmasıyla

çözömlenebilir duruma gelmiştir. Bu parametrelerden anatomik ve mikromorfolojik özellikler de sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı bitki gruplarında özellikle de Lamiaceae familyasında anatomik ve mikromorfolojik karakterlerin kullanımı, sınıflandırma ile ilgili belirsizliklerin giderilmesinde çok önemlidir. *Stachys* cinsi üzerine yapılmış bazı anatomik ve mikromorfolojik araştırmalar olmasına rağmen, çalışılan endemik türler için böyle çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, endemik *Stachys pumila* ile yakın akrabası *Stachys citrina*'ya bağlı alt türler olan *Stachys citrina* subsp. *citrina* ve *Stachys citrina* subsp. *chamaesideritis* alt türlerinin anatomik ve mikromorfolojik özelliklerini ortaya koymaktır.

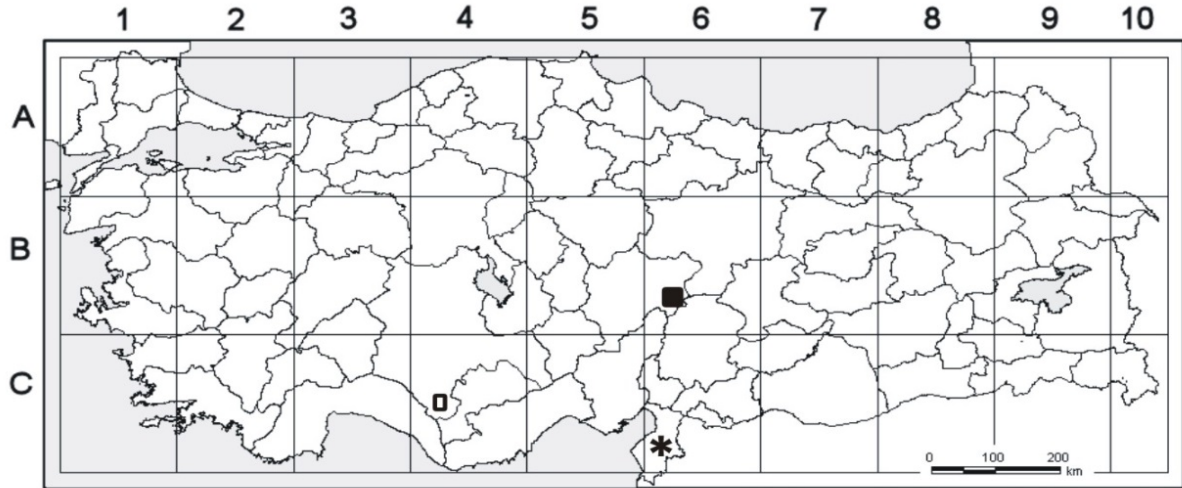
2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamındaki *Stachys citrina* subsp. *citrina*, *Stachys citrina* subsp. *chamaesideritis* ve *Stachys pumila* taksonlarına ait hem çiçekli hem de meyveli örnekler, Türkiye Florası'ndaki yayılış verilerine dayanarak, Türkiye'nin farklı yerlerinden toplanmıştır. Materyallerle ilgili toplama verileri Çizelge 1'de, toplama lokaliteleri de Şekil 1'de sunulmuştur. Üç taksona ait toplanan örneklerin bir kısmı standart yöntemlere göre kurutularak herbaryum materyali haline getirilmiştir. Bu materyallerin bir kısmı, çalışma kapsamında

yapılacak olan mikromorfolojik çalışmalarda kullanılmıştır.

Çizelge 1. *Stachys citrina* subsp. *citrina* ve *Stachys citrina* subsp. *chamaesideritis* ve *Stachys pumila* taksonlarının toplama bilgileri

Takson	Lokalite	Toplayıcı Bilgileri
<i>S. citrina</i> subsp. <i>citrina</i>	C4 KONYA: Taşkent, Balcılar, Tülek Dağı, 2000 m, 03.07.2009	M.Dinç 3203 ve S. Doğu
<i>S. citrina</i> subsp. <i>chamaesideritis</i>	B6 KAYSERİ: Aslantaş. Kayalık yamaçlar, 1900 m, 03.07.2009	Y.Bağcı 3810 ve M.Dinç
<i>S. pumila</i>	C6 HATAY: Antakya, St. Peter Kilisesi civarı, kayalık yamaçlar, 100 m, 07.07.2010	M.Dinç 3321 ve S. Doğu



Şekil 1. Çalışılan taksonların toplama lokalitelerini gösteren harita (□) *S. citrina* subsp. *citrina*, (■) *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*, (*) *S. pumila*

Her üç türe ait toplanan örneklerin bir kısmı anatomik çalışmalarda kullanılmak üzere içinde % 70 alkol bulunan kavanozlara alınmış ve kavanozlar etiketlenerek ışık almayan bir dolapta saklanmıştır. Anatomik çalışmalarda, jilet yardımıyla manuel olarak her üç taksona ait en az yirmişer tane gövde

ve yaprak enine kesiti ile yaprak alt ve üst yüzeysel kesitleri alınmış ve daimi preparatlar halinde hazırlanmıştır. Daimi preparatlar hazırlanırken, vasat malzemesi olarak enine kesitler için bazik fuksinli gliserin-jelatin, yüzeysel kesitler için gliserin-jelatin kullanılmıştır (Vardar, 1987).

Hazırlanan preparatlar, Olympus BX- 50 marka ışık mikroskopuyla incelenerek gerekli ölçümler alınmış ve her üç takson için anatomik deskripsiyonlar hazırlanmıştır. Taksonlara ait her bir preparasyon için Olympus BX-50 marka mikroskoba bağlı “kameram” aparatından faydalanmak suretiyle fotoğraflar çekilmiş ve en iyi temsili fotoğraflar çalışmada sunulmuştur.

Yapraklar için stoma indeksi ve indeks oranları Meidner ve Mansfield (1968)’e göre tayin edilmiştir. Stoma indeksinin belirlenebilmesi için bitkinin aynı yaştaki yapraklarının alt ve üst yüzeylerinde 1 mm²’ye düşen stoma ve epidermis hücresi adedi, oküler mikrometre ile sayılmıştır. Taksonların yaprak alt ve üst yüzeyleri için stoma indeksi ve stoma indeks oranları, Meidner ve Mansfield (1968)’e göre hesaplanmıştır.

Çalışılan taksonlardaki tüy morfolojisi de ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bunun için her üç taksonun yaprak ve gövdelerinden ortalama yirmişer adet enine kesit alınmış ve bu kesitler Olympus BX-50 marka ışık mikroskopu ile taranarak, çalışılan taksonlardaki farklı tüy morfolojileri belirlenmiştir. Daha sonra her takson için gövde ve yaprakta bulunan tüyler kaydedilerek tablo halinde sunulmuştur. Tüy morfolojilerinin tanımlanması Uphoff (1962)’a, Metcalfe ve Chalk (1972)’e, Payne (1978)’ye, Bini Maleci ve Servettaz

(1991)’a, Navarro ve El Oualidi (2000)’ye göre yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Gövde Anatomisi

Gövde enine kesitinin genel görünümü, *S. pumila*’da belirgin şekilde dört köşeli iken, *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*’te belirgin şekilde dört köşeli olmayıp yuvarlağımsıdır (Şekil 2). Epidermis tek sıralı karemsi, dikdörtgenimsi ve yumurtamsı hücrelerden ibaret olup, üzeri kalın bir kutikula tabakası ile kaplanmıştır. Epidermis üzerinde glandular ve glandular olmayan yoğun tüyler bulunmaktadır. Glandular tüyler peltat, kısa kapitat ve uzun kapitat; glandular olmayan tüyler uzun kamçımsı, kısa ve uzun asikular (biz) şeklindedir. Kısa asikular tüyler kısa tek hücreli, uzun asikular tüyler 2-6 hücrelidir.

S. pumila’da gövde köşelerinde epiderma altında son derece iyi gelişmiş, kalın çeperli 9-11 sıra hücrelerden oluşan kollenkima tabakası bulunmaktadır. *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*’te ise gövde köşelerindeki kollenkima 5-7 sıra hücreden oluşmaktadır (Çizelge 2). *S. pumila*’da köşelerde bulunan kalın kollenkima tabakası gövde köşelerinde belirgin bir çıkıntı oluşumuna neden olurken, *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*’te belirgin bir çıkıntı oluşturmadığından gövde

yuvarlağımsıdır. Kollenkima tabakası gövdenin diğer kısımlarında ancak 1-2 sıradır. Kollenkima ile endodermis arasında 5-10 tabaka dikdörtgenimsi ve yuvarlak hücrelerden oluşan korteks tabakası bulunmaktadır. Korteks tabakası hücreleri, genel olarak kloroplast içermediklerinden veya çok az içerdiklerinden saydam görünüme sahiptirler. Korteks altında tek sıra hücrelerden oluşan endodermis tabakası bulunmaktadır. Endodermisi oluşturan hücreler düzenli sıralanmış ve

yumurtamsıdır. Bununla birlikte, korteks parankiması hücrelerine göre ileri derecede bir farklılaşma göstermemişlerdir. Endodermis altında iletim demetlerine rastgelen kısımlarda sklerankimatik perisikl tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka iletim demetleri üzerinde hilâl şeklinde olup iletim demetlerini dıştan çevrelemiştir. Sklerankimatik perisikl tabakası *S. pumila*'da 2-3 sıra hücreden oluşurken, *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te 4-6 sıralıdır (Tablo 2).

Çizelge 2. *Stachys citrina* subsp. *citrina*, *Stachys citrina* subsp. *chamaesideritis* ve *S. pumila* taksonlarının anatomik ve mikromorfolojik olarak karşılaştırması

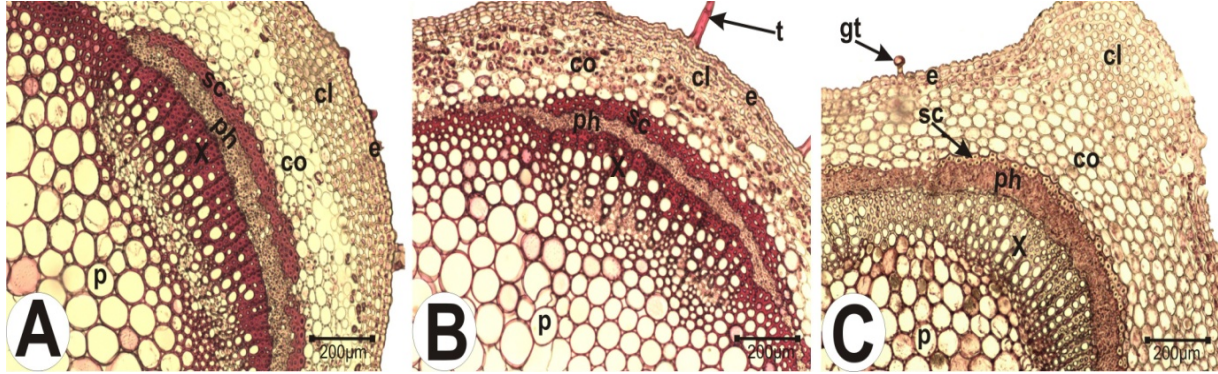
	<i>S. citrina</i> subsp. <i>citrina</i>	<i>S. citrina</i> subsp. <i>chamaesideritis</i>	<i>S. pumila</i>
Gövde	Köşelerde 5-7 sıra kollenkimalı, yuvarlağımsı, sklerankimatik perisikl 4-6 tabakalı.	Köşelerde 5-7 sıra kollenkimalı, yuvarlağımsı, sklerankimatik perisikl 4-6 tabakalı.	Köşelerde 9-11 sıra kollenkimalı, belirgin köşeli, sklerankimatik perisikl 2-3 tabakalı.
Yaprak mezofili	İzolateral (ekvifasiyal), % 75-80 palizat, % 20-25 sünger parankimasından oluşmuş.	İzolateral (ekvifasiyal), % 75-80 palizat, % 20-25 sünger parankimasından oluşmuş.	Dorsiventral (bifasiyal), % 60-65 palizat, % 35-40 sünger parankimasından oluşmuş.
Yaprak orta damarı	Mezofile göre ortalama 3 kat kalınlıkta, kollenkima iyi gelişmemiş, mezofil hücreleri bulundurur.	Mezofile göre ortalama 3 kat kalınlıkta, kollenkima iyi gelişmemiş, mezofil hücreleri bulundurur.	Mezofile göre ortalama 5 kat kalınlıkta, kollenkima iyi gelişmiş, mezofil hücreleri bulundurmaz.
Stoma dağılımı, tipi	Amfistomatik, diasitik, kseromorfik.	Amfistomatik, diasitik, kseromorfik.	Amfistomatik, diasitik, kseromorfik.
Yaprak yüzeyi	Epidermal hücrelerin antiklinal çeperleri az veya çok undulat, rafit içermez.	Epidermal hücrelerin antiklinal çeperleri az veya çok undulat, rafit içermez.	Epidermal hücrelerin antiklinal çeperleri az veya çok undulat, rafit içerir.

Perisikl tabakası altında, 4-6 sıra hücreden oluşan floem elemanı hücreler bulunmaktadır (Çizelge 2). Floemin hemen altında, floem ile ksilem arasında kambiyum

tabakası bulunmaktadır. Kambiyumun çoğu preparatlarda belirgin olup birkaç tabaka küçük hücre sırasından oluştuğu görülmüştür. Kambiyumun altında trake ve

trakeidlerden oluşan ksilem tabakası bulunmaktadır. Ksilem elemanları arasında öz ışınları ayırt edilebilmektedir. Öz ışınları tek sıralı ve radyal uzanımlıdır. Gövdenin

orta kısmı iri, yuvarlak veya köşeli parankimatik hücrelerden oluşan öz tabakası ile doludur.



Şekil 2. Çalışılan taksonlara ait gövde enine kesitleri **A:** *S. citrina* subsp. *citrina*, **B:** *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*, **C:** *S. pumila*, e: epidermis, t: tüy, gt: glandular tüy, cl: kollenkima, co: korteks, sc: sklerankima, ph: floem, x: ksilem, p:öz.

3.2. Yaprak Anatomisi

3.2.1. Mezofil Anatomisi

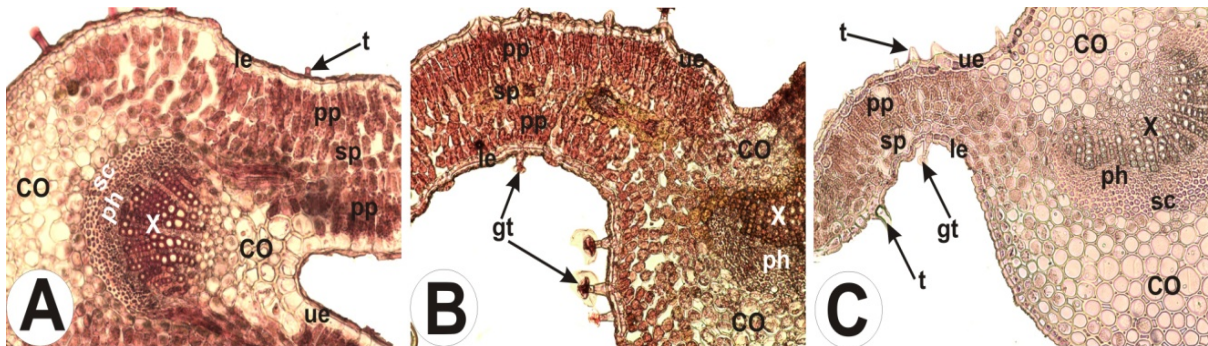
Enine kesitte her iki yüzeyinin de düzenli olarak sıralanmış tek sıra epidermis tabakasıyla örtülü olduğu görülmektedir. Epidermis yumurtamsı, karemsi ve dikdörtgenimsi hücrelerden oluşmuş olup her iki yüzey de kalın bir kutikula tabakası ile kaplanmıştır. Alt ve üst yüzeyi saran her iki epidermis tabakası üzerinde glandular ve glandular olmayan tüyler bulunmaktadır. Glandular tüyler peltat, kısa kapitat ve uzun kapitat, glandular olmayan tüyler uzun kamçımsı, kısa ve uzun asikular (biz) şeklindedir. Kısa asikular tüyler kısa tek hücreli, uzun asikular tüyler 2-6 hücrelidir. Yaprak laminası *S. pumila*'da dorsiventral (bifasiyal)'dir. Yani, üst epiderminin altında oldukça iyi farklılaşmış palizat parankiması ile alt epiderminin altında bulunan sünger

parankimasından oluşmaktadır. Üst epiderminin altında bulunan palizat parankiması, yaprak ayasına dikey sıralanmış silindirik hücrelerden oluşmuş olup 2-3 sıra hücreden meydana gelmiştir. Yaprak mezofilinde palizat parankimasının kapladığı alan % 60-65'tir (Çizelge 2). Palizat parankiması ile alt epiderminin arasında 2-3 sıra eni boyuna aşağı yukarı eşit olan yuvarlağımsı hücrelerden oluşmuş sünger parankiması bulunmaktadır. Sünger parankiması hücreleri arasında, daha fazla hücreler arası boşluk bulunmaktadır. *S. pumila*'dan farklı olarak *S. citrina*'nın her iki alt türünde de lamina, izolateral (ekvifasiyal)'dir. Yani, alt ve üst epiderminin altında palizat parankiması ve iki palizat arasında sünger parankiması bulunmaktadır.

Palizat dokunun her iki alt türde de mezofilde kapladığı alan, % 75-80 civarındadır (Çizelge 2). Bununla beraber, *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te her iki palizata oluşturan doku hücreleri 3-4 sıralı ve küçük boyutlarda iken, *S. citrina* subsp. *citrina*'da 2-3 sıralı ve daha iridirler. *S. citrina* subsp. *citrina*'da her iki palizat da ileri derecede farklılaşmış iken, *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te alt palizat hücreleri üst palizat hücreleri kadar farklılaşmamıştır. Yani, *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'teki üst palizat hücrelerinin boyları enlerine göre oldukça fazla iken, alt palizat hücrelerinin boyları ile enleri arasındaki fark çok fazla değildir. Aynı şekilde, *S. citrina* subsp. *citrina*'da sünger doku belirgin şekilde farklılaşmışken, *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te ileri derecede farklılaşma göstermemiştir.

S. citrina'nın iki alt türünde mezofil tabakası kalınlığının orta damar kalınlığına oranı ortalama 1/3 iken, *S. pumila*'da bu oran 1/5'tir (Çizelge 2). Çalışılan üç

taksonda da, yaprak enine kesitinde orta damarın bulunduğu kısımda iri yapılı yarımay şeklinde bir iletim demetinin bulunduğu görülmektedir. *S. pumila*'da orta damarın üst epidermis ile alt epidermis altına rastlayan kesimlerinde iyi gelişmiş kollenkima tabakası vardır. Üst epidermisin altındaki kollenkima 8-11 tabakalı ve alt epidermisin altındaki kollenkima 10-12 tabakalıdır. *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te ise orta damarın her iki yanındaki kollenkima dokusu, *S. pumila*'daki kadar gelişmemiştir. Mezofil elemanı olan kloroplastlı hücreler, bu iki alt türde merkezi iletim demetinin iki yanına kadar sokulmuşlardır. İki kollenkima arasında bulunan iletim demetinde üst epidermise yönelmiş hilâl şeklinde ksilem dokusu ile onu dıştan saran ve alt epidermise yönelmiş olan floem elemanları bulunmaktadır. Floem elemanlarını ise en dıştan sklerankimatik bir doku çevrelemiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışılan taksonlara ait yaprak enine kesitleri **A.** *S. citrina* subsp. *citrina*, **B.** *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*, **C.** *S. pumila*, **t:** tüy, **le:** alt epidermis, **ue:** üst epidermis, **gt:** glandular tüy, **co:** kollenkima, **sc:** sklerankima, **ph:** floem, **x:** ksilem, **pp:** palizat parankimasi, **sp:** sünger parankimasi.

3.2.2. Yaprak Yüzey Anatomisi

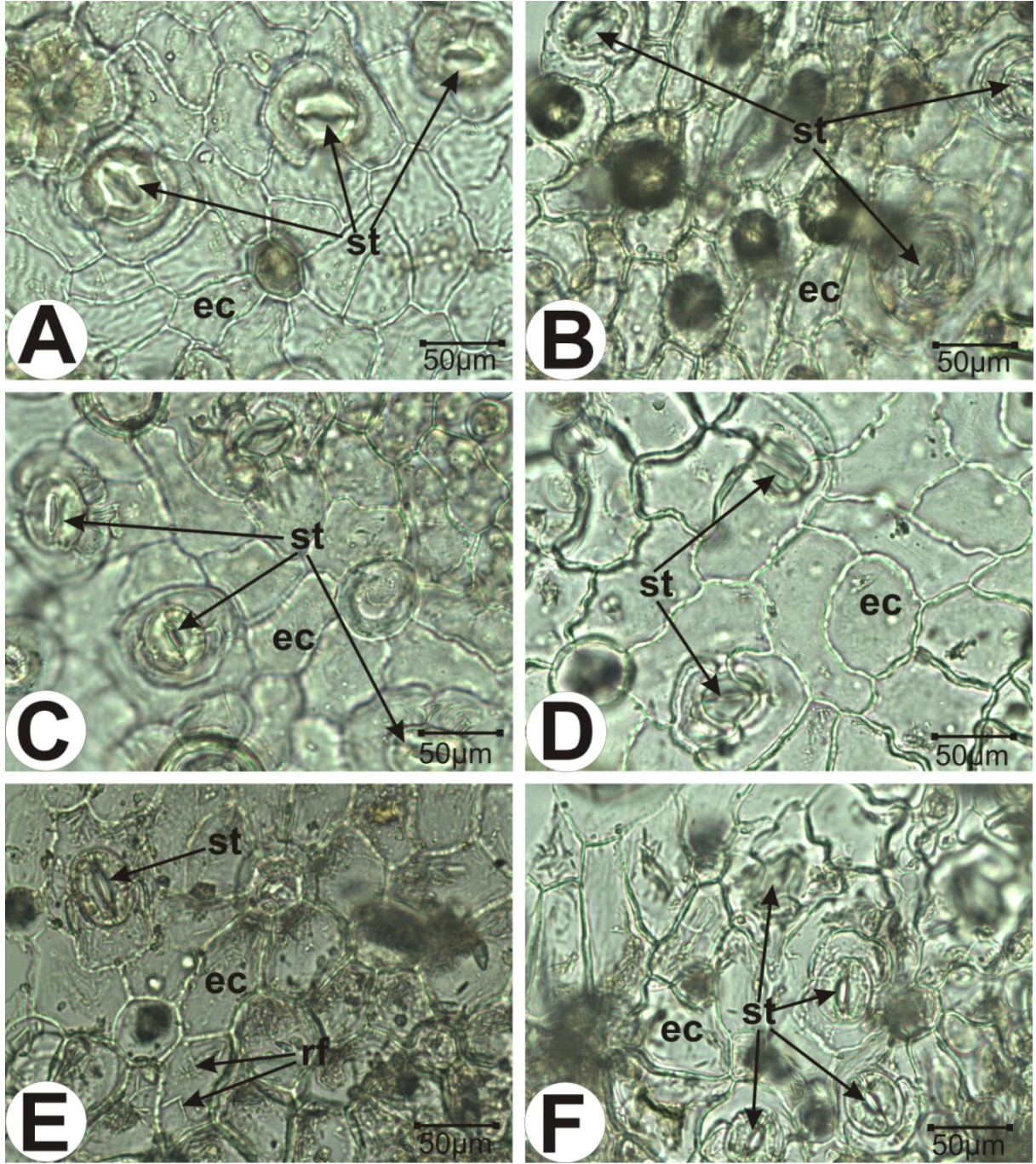
Yaprak alt ve üst yüzeyinden alınan kesitlerle hazırlanan preparatlara göre, her üç taksonda da yapraklar amfistomatik olup diasitik tip stoma bulundurmaktadırlar. Stomayı meydana getiren bekçi hücreleri, dıştan 2 epidermal hücre ile komşudur. Stomalar, her iki yüzeyde de az veya çok epidermal hücrelerden daha derinde lokalize olmuşlardır (Çizelge 2, Şekil 4). Yani kseromorfik tiptedirler. Yüzeyi çevreleyen epidermal hücrelerin antiklinal çeperleri az veya çok undulattır (dalgalı). *S. pumila*'da alt ve üst yüzey epidermal hücrelerde az miktarda rafit tip kristaller bulunmakta, *S. citrina* subsp. *citrina* ve *S. citrina* subsp. *chamaesideritis*'te ise bu tip kristaller bulunmamaktadır (Çizelge 2, Şekil 4).

S. citrina subsp. *citrina* yaprak üst yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 302 ± 8, stoma sayısı ise 48 ± 5'tir. Alt yüzey için stoma indeksi ise 13.71'dir.

Yaprak alt yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 315 ± 10, stoma sayısı ise 52 ± 5'tir. Alt yüzey için stoma indeksi ise 14.17'dir. Stoma indeks oranı ise 0.96'dır.

S. citrina subsp. *chamaesideritis*'te yaprak üst yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 294 ± 8, stoma sayısı ise 40 ± 3'tür. Alt yüzey için stoma indeksi ise 11.97'dir. Yaprak alt yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 216 ± 10, stoma sayısı ise 44 ± 4'tür. Alt yüzey için stoma indeksi ise 16.92'dir. Stoma indeks oranı ise 0.71'dir.

S. pumila'da yaprak üst yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 274 ± 8, stoma sayısı ise 20 ± 2'dir. Alt yüzey için stoma indeksi ise 6.80'dir. Yaprak alt yüzeyinde mm²'deki epidermal hücre sayısı 308 ± 10, stoma sayısı ise 58 ± 5'tir. Alt yüzey için stoma indeksi ise 15.84'tür. Stoma indeks oranı ise 0.43'tür.



Şekil 4. Çalışılan taksonlara ait alt ve üst yaprak yüzeysel kesitleri **A, C, E** üst yüzeysel kesitler, **B, D, F** alt yüzeysel kesitler, **A, B** *S. citrina* subsp. *citrina*, **C, D** *S. citrina* subsp. *chamasderitis*, **E, F** *S. pumila* **ec:** epidermal hücre, **st:** stoma, **rf:** rafit.

3.3. Tüy Morfolojisi

Çalışılan taksonlarda gövde ve yaprak üzerinde bulunan 8 tip tüy tespit edilmiştir. Bu tipler ve özellikleri şu şekildedir (Şekil 5):

A tipi: Bir adet bazal epidermal hücre, bir adet boyun hücresi ve 4-8 salgı hücresinden oluşan iri başlı peltat tüyler.

B tipi: 1-2 hücreli saplı ve 1-4 salgı hücreli başa sahip olan kısa kapitat tüyler.

C tipi: 3-5 hücreli saplı ve 1-4 salgı hücreli başa sahip olan uzun kapitat tüyler.

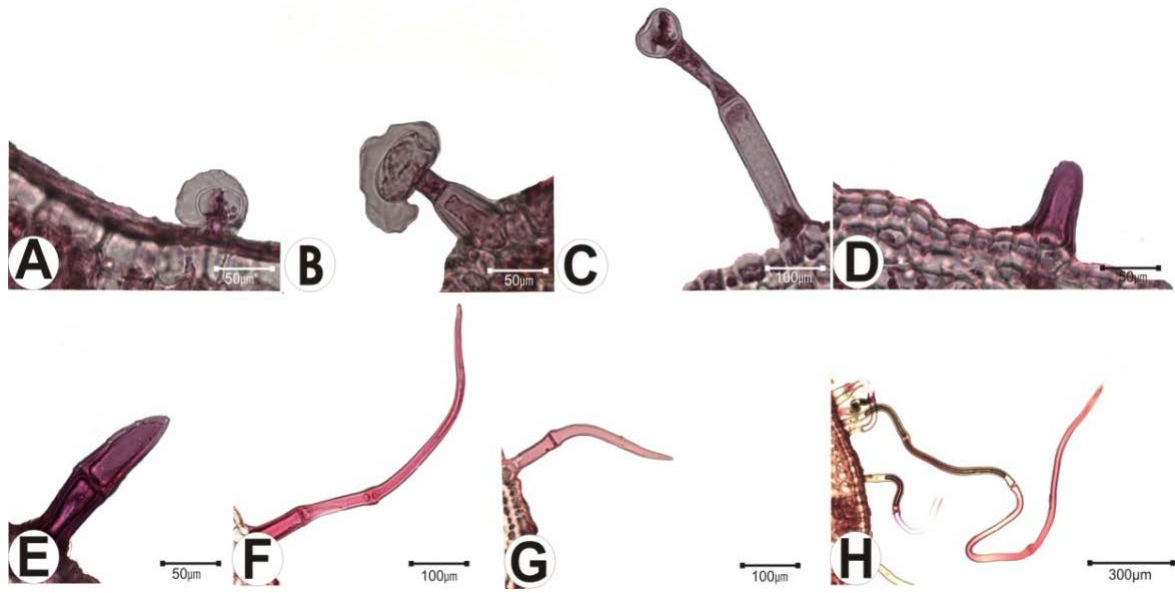
D tipi: Salgısız, kalın çeperli 1 hücreli olan kısa asikular tüyler.

E tipi: Salgısız, dallanmamış, tek sıralı dizilmiş kalın çeperli 2 hücreli olan kısa asikular tüyler.

F Tipi: Salgısız, dallanmamış, tek sıralı dizilmiş kalın çeperli 3-6 hücreli olan uzun asikular tüyler.

G Tipi: Salgısız, dallanmamış, tek sıralı dizilmiş ince çeperli 2-5-hücreli olan uzun asikular tüyler.

H tipi: Terminal hücreleri kırılğan, aşırı derecede uzamış, multiselular ve basit olan flagelliform (kamçımsı) tüyler.



Şekil 5. Çalışılan taksonlarki tüy tipleri **A.** *S. citrina* subsp. *citrina* yaprağında A tipi tüy, **B.** *S. citrina* subsp. *chamasderitis* yaprağında B tipi tüy, **C.** *S. citrina* subsp. *citrina* gövdesinde C tipi tüy, **D.** *S. citrina* subsp. *chamasderitis* gövdesinde D tipi tüy, **E.** *S. citrina* subsp. *citrina* gövdesinde E tipi tüy, **F.** *S. citrina* subsp. *chamasderitis* gövdesinde F tipi tüy, **G.** *S. pumila* gövdesinde G tipi tüy, **H.** *S. citrina* subsp. *citrina* gövdesinde H tipi tüy.

S. citrina subsp. *citrina*'da gövdede: A, B, C, D, E, F, H tipi tüyler ve yaprakta: A, D, H tipi tüyler bulunmaktadır. *S. citrina* subsp. *chamasderitis*'te gövdede: B, D, F

tipi tüyler ve yaprakta: A, B, D, F ve H tipi tüyler bulunmaktadır. *S. pumila*'da gövdede: A, B, C, D, G tipi tüyler ve yaprakta: A, B, D, H tipi tüyler bulunmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışılan taksonlarda tüylerin gövde ve yapraktaki dağılımı

	<i>S. citrina</i> subsp. <i>citrina</i>		<i>S. citrina</i> subsp. <i>chamasderitis</i>		<i>S. pumila</i>	
	Gövde	Yaprak	Gövde	Yaprak	Gövde	Yaprak
A	+	+	-	+	+	+
B	+	-	+	+	+	+
C	+	-	-	-	+	-
D	+	+	+	+	+	+
E	+	-	-	-	-	-
F	+	-	+	+	-	-
G	-	-	-	-	+	-
H	+	+	-	+	-	+

4. Tartışma

Çalışma sonucu elde edilen verilere göre, *S. pumila* gövdedeki gelişmiş kollenkimatik dokusu, az gelişmiş sklerankimatik perisikl, dorsiventral (bifasiyal) yaprakları, mezofil/orta damar kalınlık oranı, yaprak epidermal hücrelerinin rafit içeriği ile *S. citrina*'nın alt türlerinden ayrılmaktadır. Tüy morfolojisi ve tüylerin organlara göre dağılımı taksonlar arasında bazı farklılıklar göstermektedir. *S. citrina*'nın alt türlerinde, kalın çeperli 3-6 hücreli olan uzun asikular tüylere rastlanırken, *S. pumila*'da ise ince çeperli 2-5 hücreli olan uzun asikular tüyler bulunmaktadır (Çizelge 2-3).

Metcalf ve Chalk (1950), Lamiaceae familyası türlerinde, gövdenin; dört köşeli, köşelerde zengin kollenkimatik ve vasküler dokuyu çevreleyen gelişmiş sklerankimatik olduğunu vurgulamışlardır. Türkiye'deki Lamiaceae familyası türleri üzerine yapılan

çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Kaya ve ark., 2000; Kandemir, 2003; Uysal, 2002, 2003; Dinç ve Öztürk, 2008a). Mevcut çalışmada Lamiaceae familyasının genel gövde anatomisine uygun sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi *S. pumila* belirgin köşeli ve köşelerde çok iyi gelişmiş kollenkimatik ve vasküler doku üstünde 2-3 sıralı sklerankima tabakasına sahip iken, *S. citrina*'nın alt türleri belirsiz köşeli, az gelişmiş kollenkimatik ve vasküler doku üstünde 4-6 sıralı sklerankima tabakasına sahiptirler.

Lamiaceae familyasına mensup bazı türlerde yaprak mezofili ekvifasiyal iken, bazılarında bifasiyal olabilmektedirler (Uysal ve ark., 1991; Uysal, 1998; Dinç ve Öztürk, 2008a; Dinç ve ark., 2009). Mevcut çalışmada, hazırlanarak incelen bütün preparasyonlarda *S. pumila*'da yaprak mezofili ekvifasiyal iken, *S. citrina*'nın alt

türlerinde bifasiyaldır. Aynı şekilde, yaprak orta damarı *S. pumila*'da mezofilin ortalama 5 katı kalınlıkta iken, *S. citrina*'nın alt türlerinde ortalama 3 katı kalınlıktadır (Çizelge 2).

Bu sonuç, mezofil anatomisinin yakın *Stachys* türlerinin ayırımında önemli olabildiğine fakat aynı türün alt türlerinde benzer olduğuna işaret etmektedir.

Infrarosularis seksiyonunun tüm üyeleri, kaya üzerinde yetişen çok yıllık kserofit türlerdir (Bhattacharjee, 1980). Yapraklardaki kalın kutikula tabakası, sünger parankimasına göre zengin palizat parankiması, stomaların derine gömülü olması (kseromorf) ve üzerlerinin güneş ışığını yansıtan beyaz ve yoğun tüylerle kaplı olması, kseromorfünin bazı işaretlerindedir (Metcalf ve Chalk, 1983; Yakar ve Bilge, 1987; Öztürk ve Seçmen, 1996). Bu morfolojik ve anatomik özellikler, çalışılan her üç taksonda da görülmektedir. Bununla birlikte, *S. citrina*'nın alt türlerinde rastlanan geniş palizat doku, bu alt türlerin *S. pumila*'ya göre daha yüksek derecede kseromorfi gösterdiğine işaret etmektedir.

Metcalf ve Chalk'a göre, basit kristaller ve druzlar dikotiledonlar arasında en yaygın kristal tipleri iken, sferokristaller ve rafitler nadir rastlanan tiplerdir ve taksonomik değere sahiptirler (Dinç ve ark.,

2009). Nitekim *Teucrium* seksiyonundan olan *Teucrium creticum* ve *T. sandrasicum*'un epidermal hücrelerinde sferokristallere rastlanırken, aynı seksiyondan olan *T. orientale*'de rastlanmamaktadır (Dinç ve ark., 2008b; 2009). Çalışılan taksonlardan *S. pumila*'nın yaprak epidermal hücrelerinde rafitlere rastlanması, *S. citrina*'nın alt türlerinde rastlanmaması, bu kristallerin diagnostik değerini doğrulamakta ve yapılacak taksonomik çalışmalarda dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Stachys sect. *Ambleia*'nın Türkiye'deki türleri üzerine yapılan tüy morfolojisi çalışmaları, bu seksiyondaki *Stachys cydni* ve *S. yildirimlii* türlerinin tüy morfolojisi bakımından ayrıldığını net olarak göstermiştir (Dinç ve Öztürk, 2008a). Çalışılan taksonlardan *S. pumila*'daki 2-5 hücreli uzun asikular tüyler, ince çeperli ve yumuşak iken *S. citrina*'nın alt türlerinde 2-6 hücreli asikular tüyler kalın çeperli, sert ve kırılıgandır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, anatomik karakterler ve tüy morfolojisi karakterlerinin, yakın akraba türler olan *S. citrina* ile *S. pumila*'nın taksonomik sınıflandırılmasında değere sahip olduğunu, fakat *S. citrina*'nın alt türlerinin ayırımında değerlerinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

Kaynaklar

- Abu Assab S, Cantino PD (1987). Phylogenetic implications of leaf anatomy in subtribe Melittidinae (Labiatae) and related taxa. *Journal of the Arnold Arboretum* 68: 1-34.
- Akçiçek E (2010). A new subspecies of *Stachys cretica* (section *Eriostomum*, Lamiaceae) from Turkey. *Turkish Journal of Botany* 34: 131-136.
- Akçiçek E (2012). *Stachys*. Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M ve Babaç MT (edlr.) Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezehat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Baran P, Özdemir C (2009). The morphological and anatomical properties of *Lamium lycium* (Lamiaceae) endemic to Turkey. *Nordic Journal of Botany* 27: 388–396.
- Bhattacharjee R (1980). Taxonomic Studies in *Stachys* II, A new infrageneric classification on *Stachys* L. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh* 38: 65 - 96.
- Bhattacharjee R (1982) *Stachys* L. Davis, P.H. (ed.), Flora of Turkey and East Aegean Islands, Edinburgh University Pres. Edinburgh 19, vol. 7: 199-262.
- Bini Maleci L, Servettaz O (1991). Morphology and distribution of trichomes in Italian species of *Teucrium* sect. *Chamaedrys* (Labiatae) – a taxonomical evaluation. *Plant Systematic and Evolution* 174: 83–91.
- Daşkın R, Yılmaz Ö, Kaynak G (2009). *Stachys ketenoglui* sp. nov. (sect. *Infrarosularis*) (Labiatae/Lamiaceae) from south Anatolia Turkey. *Nordic Journal of Botany* 27: 238-242.
- Davis PH, Mill RR, Tan K (1988). *Stachys* L. – In: Davis PH, Mill RR ve Tan K (eds.). Flora of Turkey and East Aegean Islands (Subpl. 1), *Edinburgh University Pres*, vol. 10: 204-206.
- Demirelma H, Kırıcı ÜG, Çıtak BY (2018). An anatomical investigation on *Sideritis ozturkii* Aytaç & Aksoy and *Sideritis rubriflora* Hub.- Mor. (Lamiaceae) from Turkey. *Biological Diversity and Conservation* 11: 153-158.
- Dinç M, Doğan HH (2006). *Stachys yildirimlii* (Lamiaceae), a new species from south Anatolia, Turkey. *Annales Botanici Fennici* 43: 143-147.
- Dinç M, Öztürk M (2008a). Comparative morphological, anatomical, and palynological studies on the genus *Stachys* L. sect. *Ambleia* Bentham (Lamiaceae) species in Turkey. *Turkish Journal of Botany* 32: 113-121.
- Dinç M, Duran A, Pınar M, Öztürk M (2008b). Anatomy, palynology and nutlet micromorphology of Turkish endemic *Teucrium sandrasicum* (Lamiaceae). *Biologia* 63/5: 637–641.
- Dinç M, Doğu S, Bilgili B, Duran A (2009). Comparative anatomical and micromorphological studies on *Teucrium creticum* and *Teucrium orientale* var. *orientale* (T. sect. *Teucrium*, Lamiaceae). *Nordic Journal of Botany* 27: 251–256.
- Dinç M, Doğu S, Doğru Koca A, Kaya B (2011). Anatomical and nutlet differentiation between *Teucrium montanum* and *T. polium* from Turkey. *Biologia* 66: 448-453.
- Duman H (2000). *Stachys* L. – In: Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K.H.C. (eds.), Flora of Turkey and East Aegean Islands (subpl. 2). *Edinburgh University Press*, Edinburgh, vol. 11: 204-206.

- Duman H, Kırimer N, Ünal F, Güvenç A, Şahin PF (2005). Türkiye *Sideritis* L. Türleri'nin Revizyonu, Ankara, *Proje No: TBAG-1853 (199T090)*.
- Özcan M, Ağaoglu E (2014). Stem and leaf anatomy of three taxa in Lamiaceae. *Bangladesh Journal of Botany* 43: 345-352.
- Güvenç A, Duman H (2010). Morphological and anatomical studies of annual taxa of *Sideritis* L. (Lamiaceae), with notes on chorology in Turkey. *Turkish Journal of Botany* 34: 83-104.
- İlçim A, Çenet M, Dadandı MY (2008). *Stachys marashica* (Lamiaceae), a new species from Turkey. *Annales Botanici Fennici* 45: 151-155.
- Kahraman A, Celep F, Doğan M (2009). Morphology, anatomy and palynology of *Salvia indica* (Labiatae). *World Applied Sciences Journal* 6: 289-296.
- Kahraman A, Doğan M, Celep F, Akaydın G, Koyuncu M (2010a). Morphology, anatomy, palynology and nutlet micromorphology of the rediscovered Turkish endemic *Salvia ballsiana* (Lamiaceae) and their taxonomic implications. *Nordic Journal of Botany* 28: 91-99.
- Kahraman A, Celep F, Dogan M (2010b). Morphology, anatomy, palynology and nutlet micromorphology of *Salvia macrochlamys* (Labiatae) in Turkey. *Biologia* 65 (2): 219-227.
- Kandemir N (2003). The morphological, anatomical and karyological properties of endemic *Salvia hypargeia* Fich. ve Mey. (Lamiaceae) in Turkey. *Pakistan Journal of Botany* 35: 219-236.
- Kaya A, Başer KHC, Satıl F, Tümen G (2000). Morphological and anatomical studies on *Cyclotrichium origanifolium* (Labill.) Manden. ve Scheng. (Labiatae). *Turkish Journal of Botany* 24: 273-278.
- Meidner H, Mansfield TA (1968). Physiology of stomata, *Graw-Hill*, New York.
- Metcalf CR, Chalk L (1950). *Anatomy of the Dicotyledons Oxford* Vol.1, Oxford University Pres, 810-816.
- Metcalf CR, Chalk L (1972). Labiatae, pp. 1041-1053. In: Metcalfe C.R. ve Chalk L. (eds), *Anatomy of the dicotyledons*, Vol. II, Oxford University Press, Oxford.
- Metcalf CR, Chalk L (1983). *Anatomy of the Dicotyledons II.*, London.
- Mihalik E (1992). Histological detection of sudanophilic lipits in some Lamiaceae. *Acta Horticulturae* 306: 259-267.
- Navarro T, El Oualidi J (2000). Trichome morphology in *Teucrium* L. (Labiatae), a taxonomic review. *Anales Jardin Botanico De Madrid* 57: 277-297.
- Özdemir C, Şenel G (1999). The morphological, anatomical and karyological properties of *Salvia sclarea* L. *Turkish Journal of Botany* 23: 7-18.
- Özdemir C, Şenel G (2001) . The morphological, anatomical and karyological properties of *Salvia forskahlei* L. (Lamiaceae) in Turkey. *Journal of Economic and Taxonomic Botany* 19: 297-313.
- Özörgücü B, Gemici Y, Türkan İ (1991). Karşılaştırmalı Bitki Anatomisi. *Ege Üniversitesi, Bornova, İzmir*.
- Öztürk M, Seçmen Ö (1996). *Bitki Ekolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi*. Bornova-İzmir, 238.

- Payne Wilfred W (1978). A glossary of plant hair terminology. *Brittonia* 30: 239–255.
- Satıl F, Kaya A (2007). Leaf anatomy and trichomes of Turkish *Satureja* L. (Lamiaceae). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 49: 67-76.
- Satıl F, Kaya A, Dirmenci T (2011). The taxonomic value of leaf anatomy and trichome morphology of the genus *Cyclotrichium* (Lamiaceae) in Turkey. *Nordic Journal of Botany* 29: 38-48.
- Uphoff JCT (1962). Plant hairs, pp. 136–250. In: Zimmermann W. & Ozenda P.G. (eds), *Encyclopedia of plant anatomy*, IV (5), Gebruder Borntraeger, Berlin-Nikolassee.
- Uysal İ, Öztürk M, Pirdal M (1991). *Sidertis trojana* Bornm. endemik türünün morfolojisi, anatomisi ve ekolojisi. *Doğa Botanik Dergisi* 15: 371-379.
- Uysal İ (1998). *Stachys thirkei* C. Koch türünün morfolojisi, anatomisi ve ekolojisi üzerinde incelemeler. II. Kızılırmak Uluslararası Fen Bilimleri Kongresi Bildirileri. Kırıkkale.
- Uysal İ (2002). *Stachys cretica* L. subsp. *smyrnaea* Rech Fil. Endemik taksonunun morfolojisi, anatomisi ve ekolojisi üzerinde araştırmalar. *Ekoloji* 11: 16-20.
- Uysal İ (2003). *Stachys thirkei* C.Koch (Kekikgiller) türünün morfolojisi, anatomisi ve ekolojisi üzerine araştırmalar. *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 10: 129-141.
- Vardar Y (1987). Botanikte Preparasyon Tekniği. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi, İzmir*.
- Yakar N, Bilge E (1987). *Genel Botanik (üçüncü baskı)*. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları. Rektörlük No: 3438, Fakülte No:200 İstanbul.
- Yılmaz Ö, Daşkın R, Kaynak G (2010). *Stachys pseudobombycina* sp. nov. (Lamiaceae) from South Anatolia, Turkey. *Nordic Journal of Botany* 28: 341-343.

**Türkiye'deki *Morchella* Türleri;****Nadir Bulunan *Morchella steppicola* Zerova Türü için Yeni Bir Lokalite****Sinan ALKAN^{1*}, Mustafa BAĞ², Gıyasettin KAŞIK¹**¹Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü KONYA² Aque Saravenas Çevre, Ekoloji Araştırma ve Eğitim Derneği KIRŞEHİR* sinanalkan42@gmail.com

Öz: *Morchella* cinsi mantarlar yılın her dönemi doğadan toplanamamaktadır. Bu nedenle bu türe erişim her zaman mümkün olmamaktadır. Bu elde etme zorluğu ile cinsin türlerinin besinsel açıdan lezzetli olması onları ülkemizde ve dünyada oldukça değerli kılmaktadır. Türkiye'de bugüne kadar *Morchella* cinsine ait 25 tür yapılan literatür çalışmasında tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Kırşehir İl'inden 2018 yılı mart ayında yapılan arazi çalışmaları sırasında toplanan mantar örneklerinin *Morchella steppicola* Zerova olduğu teşhis edilmiş ve dünya mikotası için kırmızı listede olan bu mantar Türkiye'den ikinci kez farklı bir lokaliteden tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Morchella steppicola*, yeni lokalite, Kuzu göbeği, Kırşehir, Türkiye

Morchella* Species in Turkey;*A New Locality for Rare *Morchella steppicola* Zerova Species**

Abstract: The species of *Morchella* genus can not be collected from nature in every period of the year. Therefore, obtain to this type is not always possible. The fact that the species of the genus is nutritionally tasty makes it very valuable in our country and in the world. In Turkey, it was determined 25 species belonging to the genus of *Morchella* according to the literature to date. In this study, *Morchella steppicola* Zerova, which was collected from Kırşehir Province during the field study in March 2018, was identified, and that this fungus, was in the red list for world mushrooms, was detected from a different locality from Turkey for the second time.

Keywords: *Morchella steppicola*, new locality, Kuzu göbeği, Kırşehir, Turkey

1. Giriş

Morchella cinsine ait türler hem ticari değeri olan hem de ilaç sektöründe de kullanılan önemli mantarlardandır. Bu mantar türleri ülkemizde ve dünyada değerli ve besinsel açıdan aranan lezzetler arasında gösterilmektedir.

Yapılan bu ve benzeri çalışmalarla ülkemizdeki doğal zenginliklerden biri olan makromantarların tür sayısı yeni tespit

edilenlerle birlikte her geçen gün artmaktadır. Ayrıca ticari değere sahip mantar türlerinin belirlenmesi, tanıtılması, kazanç yollarının araştırılması, devamlılığının sağlanması ve gerekirse koruma altına alınması ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu sayede tespit edilen makromantarlar sayesinde ülkemizin biyoçeşitliliği zenginleşecek ve gelecek nesillere bir miras olarak bırakılacaktır.

Bu makale ile birlikte sistematikteki son yıllardaki değişiklikler de göz önüne alınarak ülkemizdeki *Morchella* cinsi üye sayısının belirlenmesi, *Morchella steppicola* türünün özelliklerinin tanıtılması ve bu türün ülkemizdeki yeni bir lokalitesinin verilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan makrofungus örnekleri 2018 yılı Mart ayında yağışların bol olduğu zamanlarda yapılan arazi çalışmalarında toplanmıştır.

Ülkemizde yayılış gösteren *Morchella* cinsi ile ilgili yayımlanmış özellikle sistematik makalelerin incelenmesi ve değerlendirilmesinin yanı sıra arazi çalışması ile tespit edilen *Morchella* taksonunun incelenmesi sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmasında taksonun fotoğrafları çekilmiş ve ekolojisi incelenmiştir.

Çalışmamıza konu olan takson İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak Bölümü'nde yer alan Kırşehir ilinden toplanmıştır. Yüzölçümü 6665 km²'dir. İlin matematiksel konumu, 38°50'-39°50' Kuzey enlemleri, 33°30'-34°50' Doğu boylamları arasındadır. Kırşehir, ortalama yüksekliği 1000 m'ye ulaşan geniş bir yayla görünümündedir. Yüksekliği 1500 m'yi aşan dağların sayısı oldukça azdır. İl topraklarının; % 64.5'i plato, % 17.2'si

dağlık alan, % 18.3 ova ile kaplıdır. Kırşehir'de, kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen karasal iklim görülür. Kırşehir yarı kurak iklim özelliğine sahiptir. İç Anadolu Bölgesi'nin bozkır kuşağı içinde kalan il, genellikle orman örtüsünden yoksun olup, hakim doğal bitki örtüsü bozkırdır. Ormanlık alan, ilin toplam yüzölçümünün % 2'sini kaplar. Çiçekdağı'nın kuzey kesimleri ile Akçakent ilçesi çevresinde meşe, karaçam ve sedir ağaçlarından oluşan ormanlar bulunmaktadır. Bu ormanlar bozuk kuru ve baltalık niteliğindedir.

Araziden toplanan örnekler fungaryuma getirildikten sonra tekrar ayrıntılı fotoğrafları çekilmiş ve türün taksonomik incelemeleri fungaryum laboratuvarında Leica DM1000 görüntüleme sistemli ışık mikroskobu ve Leica EZ4D stereo mikroskopta yapılmıştır. Tespit edilen türün mikro ve makro özellikleriyle, ayrıntılı fotoğrafları verilmiştir. *Morchella* cinsi ile ilgili yayınlanmış olan literatür ve resimli teşhis kitapları incelenerek araziden toplanan örneklerin teşhisleri yapılmıştır. Cins ve türün teşhisi için farklı literatür ve teşhis kitaplarından (Zerova, 1941; Yatsiuk ve ark., 2016; Cannon ve Kirk, 2007) yararlanılmıştır.

Teşhis edilen türe ait örnekler Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Fungaryum'unda muhafaza edilmektedir.

3. Bulgular

Kırşehir ilinden 2018 Mart ayında toplanan mantar örnekleri uygun fungaryum teknikleri ile laboratuvara getirilip kurutulduktan sonra ilgili literatür yardımıyla *Ascomycota* bölümü içerisinde sistematik olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, ülkemizde ve dünyada nadir olarak bulunan *Morchella steppicola* Zerova ülkemizde farklı bir lokaliteden daha tespit edilmiştir. Türün sistematik verileri, dünya genelinde mikologlar tarafından geçerliliği kabul edilen veri tabanı olan Index Fungorum'a göre hazırlanmıştır. Tespit edilen türün sistematikteki yeri, cins özellikleri, makro-mikro özellikleri, resimleri ve lokalitesi verilmiştir.

Araziden toplanarak laboratuvarında uygun şekilde incelenen taksonun *Morchella steppicola* olduğu belirlenmiştir. Türün makroskobik ve mikroskobik özellikleri aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

Ascomycota,

Pezizomycetes,

Pezizales,

Morchellaceae,

Morchella steppicola Zerova

Morchella Dill. ex Pers.

Cinse ait örnekler 2-12 cm, konik, ovoid veya neredeyse globoz şekillerdedir.

Şapka sarımsı kahveden toprak sarısına veya siyaha yakın bir renk çeşitliliği gösterir. Düzenli veya düzensiz bal peteği görünümündedir.

Sap 2-11 x 1.5-6 cm, içi boş veya bölmeli, silindirik ya da tabana doğru şişkindir. Yüzeyleri pullu, beyaz krem arası renklerdedir.

Cinse ait örnekleri tek tek veya bulunduğu bölgede yoğun olarak toplanmaktadır. Humuslu ve kalkerli topraklarda, yaprak döken ve iğne yapraklı ormanlarda, nadiren çayır ve çimenliklerde bulmak mümkündür.

***Morchella steppicola* Zerova (Şekil 1)**

Şapka: 3-10 cm yükseklik ve 3-9 cm genişliğinde, neredeyse oval, yuvarlak, çukurlu ve taze toplandığında kuru, sarımsı-kahverengidir. Gençken alveoller dar ve açılmamış, yaşlanınca alveoller genişler ve daha belirgin olur. Alveoller oldukça derin ve düzensiz sıralanmıştır.

Sap: 2-5 cm yükseklik ve 2-4 cm genişlikte, genellikle tabana doğru genişlemiş, silindirik, şişe şeklinde veya ampul şeklinde, kirli beyaz gençken içi dolu sert, yaşlanınca içinde boşluklar oluşur. Bazı örneklerde sap şapka içine doğru gömüldüğü için yok denecek kadar azdır.

Kokusu ve tadı hoş a giden özelliktedir. Özellikle doğadan toplanan yenen bir mantardır.

Askuslar: 290-360 × 13-20 (26) µm boyutlarında, alt sporsuz kısım çok düzensiz

kavisli bükülmüş, 8 sporlu, silindirik, hiyalindir (Şekil 1).

Parafizler: 200–220 × 9–11 µm boyutlarında, genellikle silindirik, hiyalin, uç kısmında dalanmış, septalı, askus keselerinden daha kısadır.

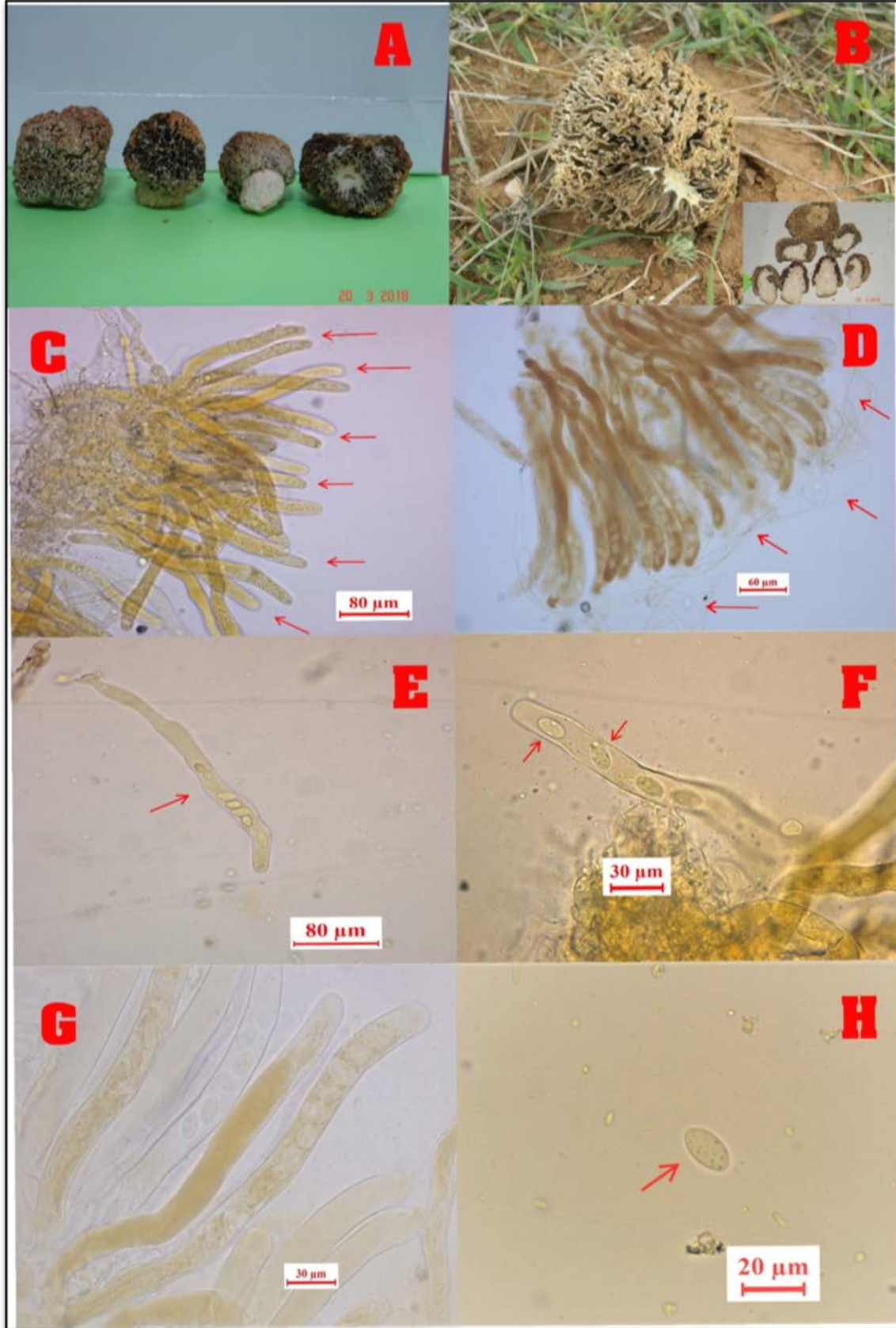
Sporlar: 17-24 × 8-14 µm, elipsoit, hiyalin, yüzeyi pürüzsüzdür (Şekil 1).

Lokalite: Kırşehir Merkez, Sıdıklı Büyük Oba Köyü kırsalı, Hirfanlı Barajı Sahil kesimi, barajın doğu tarafı, 39°03'45''K, 33°56'50''D. Top. Tarihi: 15.03.2018.

Mantar sistemiği ile ilgili son yıllarda moleküler yöntemlerin yardımı ile özellikle cins ve tür isimlerinde yeni isimlerin yanı sıra pek çok tür ya sinonim olmuş ya da sinonim olan türler tekrar geçerli tür olarak kabul edilmiştir. Gelişen yöntemler neticesinde bu değişikliklerin takip edilmesi de oldukça zorlaşmaktadır. Geçmişten günümüze ülkemizde yapılan

sistemik yayınlar incelendiğinde *Morchella* cinsine ait türlerin sayısının 30'a yakın olduğu tespit edilmiştir. Ancak yayındaki türün güncel ismi tarandığında pek çok türün sinonim olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 1'de bu türlerin güncel ismi verilirken karşısında verilen literatürlerde yayının yayınlandığı tarihteki tür ismi şu anda sinonim olmuştur. Bu nedenle çalışmamızda sadece güncel isimler dikkate alınmıştır.

Ülkemizde yetişen *Morchella* cinsi üyelerinin de bulunduğu sistemik çalışmaların yanı sıra, sadece bu cins üzerine yapılan tür tespit çalışmaları incelendiğinde oldukça fazla literatüre rastlamak mümkündür. Bu yayınlarda son sistemik değişikliklerle birlikte güncel isimleri açısından 25 tür belirlenmiştir. Türlerin il olarak yayılışı ve yayınlandıkları literatür Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. *Morchella steppicola* A-B askokarp, C genç askus keseleri (ölçek 80 µm), D, askus, parafiz ve askosporlar (ölçek 60 µm), E-F askus ve askosporlar (ölçek 80 µm ve 30 µm), G askuslar (ölçek 30 µm), H askospor (ölçek 20 µm)

4. Tartışma

Ülkemizde 2015 yılında ilkbahar aylarında ilk defa Afyon ilinden tespit edilen *Morchella steppicola* (Güngör ve Solak, 2015), bu çalışma ile ikinci kez ülkemizden tespit edilmiştir.

Ekolojik özellikler ve biyocoğrafik etkenler cins içerisinde büyük farklılıklar oluşturabilir. Bu mantar bu duruma örnek olabilir. Diğer *Morchella* türleri genellikle ormanlık alanlarda bulunurken *M. steppicola* sadece ılıman çayırlarda ve Orta Avrasya ve Doğu Avrupa step çayırlarında bulunur.

Bu tür Ukrayna, Sırbistan, Slovakya, Macaristan, Kazakistan, Türkmenistan, Tacikistan, Özbekistan, Azerbaycan, Moldavya ve Rusya'dan tespit edilmiştir. Ancak mantarın uzun süreli aralıklarla tespit edilmesi nedeniyle Rusya ve Ukrayna'da kırmızı listeye alınan türler arasındadır (Arkhipova ve ark., 2006).

Tespit edilen türün ait olduğu *Morchella* cinsinin Türkiye'deki durumu incelendiğinde literatüre göre 25 türün Türkiye makromantar listesinde mevcut olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu sistematik çalışma ile bu cinse ait tür sayısı ülkemiz için yeniden güncellenmiş olacaktır.

Sonuç olarak;

1. Ülkemizin biyoçeşitlilik anlamında ne kadar zengin bir potansiyele sahip olduğu bir kez daha ortaya konulmuştur.

2. Ülkemizin Dünya üzerindeki konumu sayesinde 4 farklı iklimin yaşanıyor olması ile, biyoçeşitlilik anlamında hem mantar hem bitki hem de hayvanlar alemi açısından yeni tür ve yeni kayıtların yapılacak benzer çalışmalarla bilim dünyasına katkı sağlanabileceği kesindir.

3. Ülkemiz Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları arasında geçiş sağlayan bir köprü konumunda olması nedeniyle pek çok türün gen bankası olmuş ve farklı ülkelerde tespit edilen türlerinde ülkemizde de bulunabileceği ve bundan faydalanılabileceği vurgulanmıştır.

4. Bu ve benzeri çalışmalar sayesinde nadir bulunan bu türle çalışma yapan diğer ülkelerdeki bilim insanları ile ortaklaşa yapılabilecek çalışmalara zemin hazırlanacaktır.

Morchella steppicola türünün de dahil olduğu cinsin tüm üyelerinin ülkemizdeki bilinen ismi "Kuzu göbeği" dir. Ülkemizin coğrafik konumunun sağladığı olanaklar sayesinde çok sayıda doğal mantar türü kırsal ve ormanlık alanlarda bolca yetişmektedir. Bunlar arasında dünya ticaretinde değeri yüksek mantar türleri de mevcuttur. *Morchella* cinsine ait türler de yüksek maddi değere sahip mantarlar arasında yer almaktadır. Ülkemizin doğal kaynaklarının ekonomiye gelir olarak kazandırılabilmesi için ülkemizde doğal olarak yetişen maddi değerleri yüksek mantarların tespit edilmesi, mantarların

yetiştığı bölgelerdeki yöre halkına bu maddi kazanç sağlayacak türlerin tanıtılması, ihracat ve kullanım olanaklarının araştırılması ülke ekonomisi için oldukça önemlidir. Yaptığımız bu ve benzeri yayınlarla ülkemizde yetişen mantarlara ilginin ve kullanım alanlarının artırılması amaçlanmaktadır. Sonuç olarak ülkemizde yetişen *Morchella* cinsine ait mantarların bu güne kadar yapılmış çalışmalarda ki lokaliteleri il bazında derlenmiş ve *Morchella steppicola* türü için yeni bir lokalite verilmiştir.

Çizelge 1'den de anlaşıldığı üzere Türkiye genelinde 81 ilin 54'ünde *Morchella* cinsine ait bir ve ya daha fazla tür tespit edilmiştir. 27 il sınırları içerisinde tespit edilememiştir. Bu illerden bir tanesi de Kırşehir ilidir. Yaptığımız bu çalışma ile Kırşehir ilini Çizelge 1'de listelenen iller arasına dahil etmekteyiz. Güncellenen bu bilgilerle birlikte 55 ilde yani, yüzdelik olarak ise Türkiye genelinin % 67.9'unda *Morchella* cinsine ait örnekler bulmak mümkündür. Buradan da anlaşılacağı üzere

Morchella cinsi ülkemizde geniş bir yayılım alanına sahiptir.

Bu veriler il sınırları içerisinde cinse ait mantar türü bulunmamış illerin önümüzdeki yıllarda hiç *Morchella* cinsine ait bir türün bulunmayacağı anlamına gelmemektedir. Elbette ilerleyen zamanlarda bu il sınırlarında da bu cinse ait örnekler bulunacaktır. Çünkü mantarlarda coğrafik engel ve endemizm bulunmamaktadır. Ülkemizde sırasıyla en fazla bulunan *Morchella* türleri *Morchella esculenta* (L.) Pers., *Morchella elata* Fr. ve *Morchella deliciosa* Fr.'dir.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü Fungaryum araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Tüm kaynak kullanımı ve destek adına Selçuk Üniversitesi yönetici ve idarecilerine teşekkür ederiz.

Çizelge 1. Ülkemizde tespit edilen *Morchella* türleri ve toplandıkları il

Mantar	Toplandığı il	Yazar
<i>Morchella americana</i> Clowez & Matherly	Van	Doğan ve ark., 2016
<i>Morchella anatolica</i> Işıloğlu, Spooner, Alli et Solak,	Muğla	Işıloğlu ve ark., 2010
<i>Morchella angusticeps</i> Peck	Çanakkale	Solak ve ark., 2002b
	Muğla	Solak ve ark., 2004
	Aydın	Allı ve ark., 2007
	Uşak	Türkoğlu ve ark., 2008
	Denizli	Gezer ve ark., 2008
	Denizli	Türkoğlu, 2008
	Erzincan	Allı, 2011
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Hatay	Baba ve ark., 2013
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
	Bingöl	Uzun ve ark., 2017
	<i>Morchella conifericola</i> Taşkın, Büyükalaca & H.H. Doğan	Kayseri
<i>Morchella costata</i> (Vent.) Pers.	İzmir	Solak ve ark., 1999
	Balıkesir	Solak ve ark., 2002a
	Çanakkale	Solak ve ark., 2002b
	Kastamonu	Yağız ve ark., 2006a
	Ardahan	Uzun, 2010
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella crassipes</i> (Vent.) Pers	Isparta	Afyon, 1994
	Konya	Afyon, 1997a
	Aydın	Allı ve ark., 2007
	Denizli	Türkoğlu, 2008
	Bingöl	Uzun ve ark., 2009
	Erzincan	Allı, 2011
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
	Erzurum	Altan ve ark., 1986
	Elazığ	Gücin, 1990
<i>Morchella deliciosa</i> Fr.	Bursa	Solak ve Gücin, 1992
	Van	Demirel, 1996
	Konya	Afyon, 1997a
	Konya	Afyon, 1997b
	İzmir	Solak ve ark., 1999
	Kastamonu, Sinop	Afyon ve Konuk, 2001
	Balıkesir	Solak ve ark., 2002a
	Adıyaman	Kaya ve ark., 2004
	Sinop	Afyon ve Yağız, 2004
	Adıyaman	Kaya, 2005
	Mersin	Doğan ve ark., 2007
	Kahramanmaraş	Kaya ve ark., 2009
	Kahramanmaraş	Kaya, 2009a
	Gaziantep	Kaya, 2009b
	Adıyaman	Kaya, 2010
	Ardahan	Uzun, 2010
	Konya	Alkan ve ark., 2010
	Mersin	Doğan ve ark., 2010
	Antalya	Kaşık ve ark., 2010
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Mersin	Doğan ve ark., 2012
	Uşak	Türkoğlu ve Yağız, 2012
	Kayseri	Atilla ve Kaya, 2013
	Gaziantep	Kaya ve ark., 2014
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Hatay	Baba ve ark., 2014

<i>Morchella deliciosa</i> Fr.	Şanlıurfa	Kaya, 2015
	Diyarbakır	Acar ve ark., 2015
	Van	Demirel ve ark., 2015
	Çorum	Alkan ve ark., 2016
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
	Bingöl	Uzun ve ark., 2017
	Artvin	Demirel ve ark., 2017
<i>Morchella dunalii</i> Boud.	Mersin, Antalya, Muğla, Aydın, Denizli, Uşak, Samsun, Kars, Yozgat, Çanakkale	Doğan ve ark., 2016
<i>Morchella elata</i> Fr.	Konya	Afyon, 1996a
	Isparta	Afyon, 1996b
	Nevşehir	Öztürk ve Kaşık, 1996
	Malatya	İşiloğlu, 1997
	Konya	Afyon, 1997a
	Konya	Afyon, 1997b
	İzmir	Solak ve ark., 1999
	Kastamonu, Sinop, Bolu	Afyon ve Konuk, 2001
	Muğla	İşiloğlu, 2001
	Manisa	Solak ve Yılmaz, 2002
	Samsun	Pekşen ve Karaca, 2003
	Konya	Aktaş ve ark., 2003
	Kayseri	Kaşık ve ark., 2003
	Adıyaman	Kaya ve ark., 2004
	Muğla	Solak ve ark., 2004
	Sinop	Afyon ve Yağız, 2004
	Muğla	Ersel ve Solak, 2005
	Adıyaman	Kaya, 2005
	Denizli	Köse ve ark., 2006
	Kahramanmaraş	Kaya, 2006
	Kayseri	Türkoğlu ve Gezer, 2006
	Bolu	Yağız ve ark., 2006b
	Batman	Demir ve ark., 2007
	Denizli	Gezer ve ark., 2007b
	Aydın	Allı ve ark., 2007
	Denizli	Türkoğlu ve ark., 2007a
	Denizli	Gezer ve ark., 2007a
	Mersin	Doğan ve ark., 2007
	Uşak	Türkoğlu ve ark., 2008
	Denizli	Gezer ve ark., 2008
	Denizli	Türkoğlu, 2008
	Kahramanmaraş	Kaya ve ark., 2009
	Kahramanmaraş	Kaya, 2009a
	Gaziantep	Kaya, 2009b
	Adıyaman	Kaya, 2010
	Konya	Alkan ve ark., 2010
	Kastamonu	Akata ve ark., 2010
	Erzincan	Allı, 2011
	Çorum	Kaşık ve ark., 2011
	Denizli	Gezer ve ark., 2011
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Yozgat	Kırış ve ark., 2012
	Hatay	Baba ve ark., 2013
	Denizli	Kaşık ve ark., 2013
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Diyarbakır	Acar ve ark., 2015
	Van	Demirel ve ark., 2015
	Isparta	Güngör ve ark., 2015
	Diyarbakır	Demirel ve ark., 2016
	Bayburt	Keleş ve ark., 2016

<i>Morchella elata</i> Fr.	Muğla	Güngör ve ark., 2016
	Adana	Doğan ve Kurt, 2016
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	İzmir	Öner, 1972
	Edirne, Çanakkale	Watling ve Gregory, 1977
	Manisa	Gücin, 1982
	Erzurum	Altan ve ark., 1986
	Malatya	Gücin, 1987
	Elazığ	Gücin, 1990
	Bursa	Solak ve Gücin, 1992
	Mersin	Işıloğlu ve Watling, 1992
	Artvin	Demirel, 1994
	Isparta	Afyon, 1994
	Trabzon	Baydar ve Sesli, 1994
	Malatya	Işıloğlu ve Öder, 1995a
	Adana	Işıloğlu ve Öder, 1995b
	Kars	Öztürk ve ark., 1996
	Konya	Afyon, 1996a
	Van	Demirel, 1996
	Isparta	Afyon, 1996b
	Konya	Afyon, 1996c
	Kars	Demirel ve Uzun, 1996
	Manisa, Balıkesir	Yılmaz ve ark., 1997
	Diyarbakır	Yıldız ve Ertekin, 1997
	Balıkesir	Aşkun ve Işıloğlu, 1997
	Konya	Afyon, 1997a
	Konya	Afyon, 1997b
	İzmir	Solak ve ark., 1999
	Antalya	Gezer, 2000
	Karaman	Kaşık ve ark., 2000
	Tunceli	Demirel ve Nacar, 2000
	Konya	Afyon, 2000
	Karabük, Bolu, Kastamonu	Afyon ve Konuk, 2001
	Muğla	Işıloğlu, 2001
	Niğde	Kaşık ve ark., 2001
	Ağrı	Demirel ve Uzun, 2002
	Balıkesir	Solak ve ark., 2002a
	Kayseri	Kaşık ve ark., 2002
	Çanakkale	Solak ve ark., 2002b
	Samsun	Pekşen ve Karaca, 2003
	Erzurum	Demirel ve ark., 2003
	Konya	Aktaş ve ark., 2003
	Antalya	Öztürk ve ark., 2003
	Tokat	Türkecul, 2003
	Kayseri	Kaşık ve ark., 2003
	Batman	Yeşil ve Yıldız, 2004
	Adıyaman	Kaya ve ark., 2004
	Sinop	Afyon ve Yağız, 2004
	Muğla	Solak ve ark., 2004
	Muğla	Solak ve ark., 2005
	Karabük	Yağız ve Afyon, 2005
	Adıyaman	Kaya, 2005
	Konya	Oskay ve Kalyoncu, 2006
Niğde	Doğan ve Türkoğlu, 2006	
Denizli	Köse ve ark., 2006	
Kahramanmaraş	Kaya, 2006	
Karaman	Doğan ve Öztürk, 2006	
Kastamonu	Yağız ve ark., 2006a	
Kayseri	Türkoğlu ve Gezer, 2006	
Bolu	Yağız ve ark., 2006b	

	Aksaray	Türkoğlu ve ark., 2007b
	Batman	Demir ve ark., 2007
	Denizli	Gezer ve ark., 2007
	Aydın	Allı ve ark., 2007
	Denizli	Türkoğlu ve ark., 2007a
	Denizli	Gezer ve ark., 2007a
	Mersin	Doğan ve ark., 2007
	Uşak	Türkoğlu ve ark., 2008
	Denizli	Gezer ve ark., 2008
	Denizli	Türkoğlu, 2008
	Tokat	Türkekul, 2008
	Kahramanmaraş	Kaya ve ark., 2009
	Ankara	Akata ve ark., 2009
	Kahramanmaraş	Kaya, 2009a
	Gaziantep	Kaya, 2009b
	Adıyaman	Kaya, 2009c
	Adıyaman	Kaya, 2010
	Ardahan	Uzun, 2010
	Erzincan	Keleş ve Demirel, 2010
	Konya	Alkan ve ark., 2010
	Artvin	Demirel ve ark., 2010
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	Mersin	Doğan ve ark., 2010
	Çankırı	Öztürk Ö. ve ark., 2010
	Antalya	Kaşık ve ark., 2010
	Adıyaman	Kaya, 2010
	Erzincan	Allı, 2011
	Tokat	Türkekul ve Zülfükaroğlu, 2011
	Denizli	Gezer ve ark., 2011
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Mersin	Doğan ve ark., 2012
	Gaziantep	Kaya ve ark., 2012
	Yozgat	Kırış ve ark., 2012
	Denizli	Kaşık ve ark., 2013
	Burdur	Solak ve ark., 2013
	Trabzon	Akata ve ark., 2014
	Şanlıurfa	Kaya, 2015
	Diyarbakır	Acar ve ark., 2015
	Van	Demirel ve ark., 2015
	Isparta	Güngör ve ark., 2015
	Çorum	Alkan ve ark., 2016
	Bayburt	Keleş ve ark., 2016
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
	Adana	Doğan ve Kurt, 2016
	Trabzon	Akata ve Uzun, 2017
	Bingöl	Uzun ve ark., 2017
	Yalova	Allı ve ark., 2017
	Balıkesir	Altuntaş ve ark., 2017
<i>Morchella eximia</i> Boud.	Muğla	Solak ve ark., 2004
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella fekeensis</i> H.H. Doğan, Taşkın & Büyükalaca	Yozgat, Adana, Kahramanmaraş, Sivas,	Taşkın ve ark., 2016
<i>Morchella fluviialis</i> Clowez, P. Alvarado, M. Becerra, Bilbao & P.-A. Moreau	Adana	Doğan ve ark., 2016
<i>Morchella galilaea</i> Masaphy & Clowez	Adana	Taşkın ve ark., 2015
<i>Morchella hortensis</i> Boud.	Muğla	Ersel ve Solak, 2005
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella importuna</i> M. Kuo, O'Donnell & T.J. Volk	Mersin, Antalya, Adana,	Doğan ve ark., 2016

	Samsun, Kastamonu, Yozgat	
<i>Morchella inamoena</i> Boud.	Muğla	Solak ve ark., 2004
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella intermedia</i> Boud.	Çanakkale	Solak ve ark., 2002b
	Bolu	Yağız ve ark., 2006b
	Antalya	Solak ve ark., 2014
<i>Morchella magnispora</i> Büyükalaca, H.H. Doğan & Taşkın	Uşak, Mersin, Adana, Muğla, Aydın	Taşkın ve ark., 2016
<i>Morchella mediterraneensis</i> Taşkın, Büyükalaca & H.H. Doğan	Kayseri, Mersin, Kahramanmaraş, Kastamonu, Adana, Konya	Taşkın ve ark., 2016
<i>Morchella populiphila</i> M. Kuo, M.C. Carter & J.D. Moore	Van	Acar ve Uzun, 2017
<i>Morchella prava</i> Dewsbury, Moncalvo, J.D. Moore & M. Kuo	Van	Keleş ve ark., 2018
<i>Morchella pseudoviridis</i> Jacquet.	Muğla	Ersel ve Solak, 2005
	Osmaniye	Solak ve ark., 2011
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella rielana</i> Boud.	Denizli	Kaşık ve ark., 2013
	Antalya	Solak ve ark., 2014
	Muğla	Güngör ve ark., 2016
<i>Morchella tridentina</i> Bres.	Adana, Antalya, Mersin, Muğla, Uşak, Aydın, Kahramanmaraş, Kastamonu, Samsun, Konya, Çanakkale	Doğan ve ark., 2016

Kaynaklar

- Acar İ, Uzun Y, Demirel K, Keleş A (2015). Macrofungi diversity of Hani (Diyarbakır/Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation* 8(1): 28-34.
- Acar İ, Uzun Y (2017). An Interesting half-free morel record for Turkish Mycobiota (*Morchella populiphila* M. Kuo, M.C. Carter & J.D. Moore). *Mantar Dergisi /The Journal of Fungus* 8(2): 125-128.
- Afyon A (1994). Some new records for the mushroom flora of Turkey, *Turkish Journal of Botany* 18: 169-173.
- Afyon A (1996a). Macrofungi of Beyşehir district (Konya), *Turkish Journal of Botany*, 20: 527-530.
- Afyon A (1996b). Some macrofungi determined of Isparta province in Turkey, *Turkish Journal of Botany*, 20: 161-164.
- Afyon A (1996c). Some macrofungi identified in Konya (Meram-Selçuklu) District, *Turkish Journal of Botany* 20: 259-262.
- Afyon A (1997a). Macrofungi of Seydişehir district (Konya), *Turkish Journal of Botany* 21: 173-176.
- Afyon A (1997b), Mycoflora of Derbent district (Konya), *Turkish Journal of Botany* 21: 217-220.
- Afyon A (2000). A study on macrofungi of Ilgın district (Konya), *Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 8(1): 27-33.
- Afyon A, Konuk M (2001). Batı Karadeniz bölgesinde halkın tanıdığı bazı önemli yenilen mantarlar, *Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 9: 109-118.

- Afyon A, Yağız D (2004). Macrofungi of Sinop Province, *Turkish Journal of Botany* 28: 351-360.
- Akata I, Çetin B, Işıloğlu M (2009). Macrofungi of Ankara Kızılcahamam Soğuksu National Park, *Ot Sistematik Dergisi* 16/2: 177-194.
- Akata I, Çetin B, Işıloğlu M (2010). Macrofungi diversity of Ilgaz Mountain National Park and its environs (Turkey), *Mycotaxon* 113: 287-290.
- Akata I, Uzun Y, Kaya A (2014). Macromycetes determined in Yomra (Trabzon) district. *Turkish Journal of Botany* 38: 999-1012.
- Akata I, Uzun Y (2017). Macrofungi Determined in Uzungöl Nature Park (Trabzon), *Trakya University Journal of Natural Sciences* 18(1): 15-24.
- Aktaş S, Öztürk C, Kaşık G, Sabahlar S, Doğan H.H (2003). Macrofungus flora of Bozkır district (Konya). *Turkish Journal of Botany* 27: 37.
- Alkan S, Kaşık G, Aktaş S (2010). Macrofungi of Derebucak district (Konya, Turkey), *Turk J. Bot.* 34: 355-350.
- Alkan S, Kaşık G, Öztürk C, Aktaş S (2016). Çorum İli'nin Yenir Özellikteki Makromantarları, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(3): 131-138.
- Allı H (2011). Macrofungi of Kemaliye district (Erzincan), *Turkish Journal of Botany* 35: 299-308.
- Allı H, Candar SS, Akata I (2017). Macrofungi Diversity of Yalova Province, *Mantar Dergisi /The Journal of Fungus* 8(2):76-84.
- Allı H, Işıloğlu M, Solak M.H (2007). Macrofungi of Aydın Province, Turkey, *Mycotaxon* 99: 163-165.
- Altan Y, Gücin F, Babaç MT (1986). Observations on the flora of Gülveren village (Erzurum-Şenkaya), *Ege Üniversitesi Journal of Science Faculty* 8: 21-38.
- Altuntaş D, Allı H, Akata I (2017). Macrofungi of Kazdağı National Park (Turkey) and its close environs, *Biological Diversity and Conservation*, 10/2: 17-25.
- Arkipova EA, Berezutsky MA, Boldyrev VA, Bulanaya MV, Bulany YuI, Kostetsky OV, Mayevsky VV, Panin AV, Protoklitova TB, Reshetnikova TB, Serova LA, Stepanov MV, Stukov VI, Khudyakova LP, Cherepanova LA, Shilova IV (2006). Types Of Mushrooms, Lichens And Plants, Recommended For Introduction To The Second Edition Red Book Saratov Region. *Poolga Ecological Journal* Vol. specialist. 18 – 28.
- Aşkun T, Işıloğlu M (1997). Macrofungi of Balya (Balıkesir) country, *Turkish Journal of Botany* 21: 279-284
- Atilla YO, Kaya A (2013). Macromycetes of Sarız (Kayseri/Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation* 6/2 50-54.
- Baba H, Alkan S, Kaşık G (2013). Macrofungi of Antakya (Hatay) and Its Environment. *The Journal of Fungus* 4(1), 11-20.
- Baba.H, Alkan S, Kaşık G (2014). Macrofungi of Mustafa Kemal University Tayfur Sökmen Campus (Hatay- Turkey) And Environment. *Mantar Dergisi /The Journal of Fungus* (2)1-8.
- Baydar S, Sesli E (1994). The macromycetes determined in Akçaabat district of Trabzon province, *Turkish Journal of Botany* 18: 99-101.

- Cannon PF, Kirk PM (2007). Fungal families of the world. CAB International. Wallingford.
- Demir S, Demirel K, Uzun Y (2007). Batman yöresinin makrofungusları, *Çev-Kor Ekoloji* 16 (64): 37-42.
- Demirel K (1994). The macrofungi of Ardanuç (Artvin) province II, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 5: 139-146.
- Demirel K (1996). The macrofungi of Van province (Turkey), *Turkish Journal of Botany* 20: 165-169.
- Demirel K, Acar İ, Boztepe GÖ (2016). Lice (Diyarbakır) Yöresi Makrofungusları. *Mantar Dergisi / The Journal of Fungus* 7(1): 29-39.
- Demirel K, Kaya A, Uzun Y (2003). Macrofungi of Erzurum province, *Turkish Journal of Botany* 27: 29-36.
- Demirel K, Nacar M (2000). Macrofungi of Çemişgezek (Tunceli) district, *Hacettepe Bulletin of Naturel Sciences and Engineering* 29: 1-7.
- Demirel K, Uzun Y (1996). Sarıkamış (Kars) yöresinin makrofunguslarına katkılar, *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 17/ 121-132.
- Demirel K, Uzun Y (2002). Macrofungi of Ağrı province, *Turkish Journal of Botany* 26: 291-295.
- Demirel K, Erdem Ö, Uzun Y, Kaya A (2010). Macrofungi of Hatila valley national park (Artvin, Turkey), *Turk J Bot* 34 457-465.
- Demirel K, Uzun Y, Akcay ME, Keleş A, Acar İ, Efe V (2015). Van Yöresi Makromantarlarına Katkılar. *Mantar Dergisi / The Journal of Fungus* 6 (2)13-23.
- Demirel K, Uzun Y, Keleş A, Akcay ME, Acar İ (2017). Macrofungi of Karagöl–Sahara National Park (Şavşat-Artvin/Turkey), *Biological Diversity and Conservation* 10/2: 32-40.
- Doğan HH, Aktaş S, Öztürk C, Kaşık G, (2012). Cocakdere vadisinin (Arslanköy-Mersin) makrofungus dağılımı, *Turk J Bot* 36: 83-94.
- Doğan HH, Bozok F, Taşkın H, Büyükalaca S (2016). Türkiye İçin Beş Yeni *Morchella* Kaydı, *alatarım* 15 (1): 1-11.
- Doğan HH, Kurt F (2016). New macrofungi records from Turkey and macrofungal diversity of Pozantı-Adana, *Turkish Journal of Botany* 40: 209-217.
- Doğan HH, Küçük MA, Akata I (2010). A study macrofungal diversity of Bozyazı province (Mersin), Turkey, *Gazi University Journal of Science* 23(4): 393-400.
- Doğan HH, Öztürk C (2006). Macrofungi and Their distribution in Karaman province, Turkey, *Turk J Bot.* 30, 193-207.
- Doğan HH, Öztürk C, Kaşık G, Aktaş S (2007). Macrofungi Distribution of Mut Province in Turkey, *Pakistan Journal of Botany* 39(1): 293-308.
- Doğan HH, Türkoğlu A (2006). Macrofungal diversity of Hasandağı Mountain and Göreme district, *Mycologia Balcanica* 3: 173-178.
- Ersel FY, Solak MH (2005). New records morels from Turkey, *Mycotaxon* 91 pp.293-302.
- Gezer K (2000). Contributions to the Macrofungi Flora of Antalya Province, *Turkish J Botany* 24: 293-296.

- Gezer K, Çelik A, Uşak M, Türkoğlu A (2007a). Macrofungi of Tavas (Denizli) District, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7(1) 439-446.
- Gezer K, Ekici FT, Türkoğlu A (2008). Macrofungi of Karıcı Mountain (Denizli/Turkey), *Turk J Bot.* 32: 91-96.
- Gezer K, Işıloğlu M, Türkoğlu A, Allı H (2007b). Macrofungi of Honaz Mountain (Denizli), *Turk J Bot* 31 253-261.
- Gezer K, Kaygusuz O, Soylu U, Ermiş A (2011). Macrofungi of Pamukkale University Kınıklı Campus (Denizli/Turkey), *Biological Diversity and Conservation* 4/3 36-43.
- Gücin F (1982). Macrofungus flora of Manisa province in Turkey, *Doğa Bilim Dergisi* 6 (3): 91-96.
- Gücin F (1987). Macrofungi of Pütürge (Malatya) in Eastern Anatolia, *The Journal of Fırat University* 2(1): 19-26.
- Gücin F (1990). Macrofungi found surroundings of Elazığ, *Turkish Journal of Botany* 14: 171-177.
- Güngör H, Solak MH (2015). *Morchella steppicola* Zerova, Ülkemiz Mikobiyotası İçin Yeni Bir Makrofungus Kaydı, X. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi Bildiri Özet Kitabı, ss: 37.
- Güngör H, Solak MH, Allı H, Işıloğlu M, Kalmış E (2015). New records for Turkey and contributions to the macrofungal diversity of Isparta Province. *Turkish Journal of Botany* 39: 867-877.
- Güngör H, Solak MH, Allı H, Işıloğlu M, Kalmış E (2016). Contributions to the macrofungal diversity of Muğla province (Turkey), *Mycotaxon* 133: 1-26.
- Işıloğlu M (1997). Macrofungi of Sarıçiçek yaylası (Malatya), *Turkish Journal of Botany* 21: 63-65.
- Işıloğlu M (2001). The macrofungi of Sandras mountain (Muğla), *Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 9: 127-136.
- Işıloğlu M, Allı H, Spooner MB, Solak MH (2010). *Morchella anatolica* (Ascomycota), A new species from southwestern Anatolia, Turkey, *Mycologia* 102(2).
- Işıloğlu M, Öder N (1995a). Macrofungi of Malatya province, *Turkish Journal of Botany* 19: 321-324.
- Işıloğlu M, Öder N (1995b). Contributions to the macrofungi of Mediterranean Turkey, *Turkish Journal of Botany* 19: 603-609
- Işıloğlu M, Watling R (1992). Macromycetes of Mediterranean Turkey, *Edinburgh Journal of Botany* 49 (1): 99-121.
- Kaşık G, Aktaş S, Öztürk C, Doğan HH (2010). Macrofungi Distribution of Gevne Valley, *The Journal of Fungus* 1(2): 25-32.
- Kaşık G, Öztürk C, Aktaş S, Alkan S, Eroğlu G (2013). Kefe Yaylası (Denizli) Yeniden Mantarları, *The Journal Of Fungus* 4(2) 19-27.
- Kaşık G, Öztürk C, Doğan HH (2000). Macrofungi of Ermenek (Karaman) district, *Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 1 (16): 61-65
- Kaşık G, Öztürk C, Türkoğlu A, Doğan HH (2003). Macrofungi of Yahyalı (Kayseri) province, *Turkish Journal of Botany* 27: 453-462.

- Kaşık G, Öztürk C, Toprak E (2001). Macrofungi of Niğde province (Turkey), *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 8 (2)137-142.
- Kaşık G, Türkoğlu A, Öztürk C, Doğan HH (2002). Develi (Kayseri) makrofungusları, *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 20: 49-54.
- Kaşık G, Uçar S, Aktaş S (2011), İskilip (Çorum) İlçesi Makrofungusları, *The Journal of Fungus*, 2 (1-2) 9-13.
- Kaya A (2005). Macrofungi determined in Gölbaşı (Adıyaman): district, *Turkish Journal of Botany* 29: 45-50.
- Kaya A (2006). Macrofungi from Andırın (Kahramanmaraş): District, *Turk J Bot* 30: 85-93.
- Kaya A (2009a). Macromycetes of Kahramanmaraş province (Turkey), *Mycotaxon*, 108: 31-34.
- Kaya A (2009b). Macrofungi of Huzurlu high plateau (Gaziantep-Turkey), *Turkish Journal Botany* 33: 429-437.
- Kaya A (2009c). Macrofungal diversity of Nemrut mount national park and its emmvirons (Adıyaman-Tukey), *African Journal of Biotechnology* vol. 8 pp. 2978-2983.
- Kaya A (2010). Macrofungal diversity of Adıyaman province (Turkey), *Mycotaxon* 110: 43-46.
- Kaya A (2015). Contributions to the macrofungal diversity of Atatürk Dam Lake basin, *Turkish Journal of Botany* 39: 162-172.
- Kaya A, Akan Z, Demirel K (2004). A checklist of macrofungi of Besni (Adıyaman): district, *Turkish Journal of Botany* 28: 247-251.
- Kaya A, Demirel K, Uzun Y (2012). Macrofungal diversity of Araban (Gaziantep/Turkey): district, *Biological Diversity and Conservation* 5/3: 162-166,
- Kaya A, Kaya ÖF, Uzun Y, Karacan İH (2014). Macromycetes of Yavuzeli and Şehitkamil (Gaziantep/Turkey) Districts. *Biological Diversity and Conservation* 7/3: 318-142.
- Kaya A, Uzun Y, Karacan İH (2009). Macrofungi of Göksun (Kahramanmaraş) district, *Turk J Bot* 33. 131-139.
- Keleş A, Demirel K (2010). Macrofungal Diversity of Erzincan Province (Turkey), *International Journal of Botany* 6 (4): 383-393.
- Keleş A, Polat T, Demirel K (2016). Kop Dağı'nda (Erzurum-Bayburt) Belirlenen Bazı Yeniden Mantarlar, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(3): 221-224.
- Keleş A, Şelem E, Akçay ME, Kesici S (2018). A New Edible Macrofungus Record for Turkish Mycobiota, *YYÜ Tar Bil Dergisi* 28 (özel sayı): 224-227.
- Kırış Z, Halıcı MG, Akata I, Allı H (2012). Macrofungi of Akdağmadeni (Yozgat/Turkey) and Gemerek (Sivas/Turkey), *Biological Diversity and Conservation* 5/2 (2012) 53-58.
- Köse S, Gezer K, Gökler İ, Türkoğlu A (2006). Macrofungi of Bekilli (Denizli) District, *Turk J Bot* 30 267-272.
- Oskay M, Kalyoncu F (2006). Contribution to the Macrofungi of Sultan Mountain, Turkey, *International Journal of Science & Technology* 1 (1): 7-10
- Öner M (1972). A contribution to the knowledge of common Turkish higher fungi, *Mycopathologia et Mycologia Applicata* 47(4): 369-373.

- Öztürk A, Demirel K, Uzun Y (1996). Some edible mushrooms growing in Sarıkamış (Kars) Province, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 6 (3): 113-128
- Öztürk C, Kaşık G (1996). Macrofungi in Ürgüp district, *Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 13: 50-54.
- Öztürk C, Kaşık G, Doğan HH, Aktaş S (2003). Macrofungi of Alanya district, *Turkish Journal of Botany* 27: 303-312.
- Öztürk Ö, Doğan HH, Yıldırım Ş (2010). Macrofungi of Eldivan dağ (Çankırı), *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 17/2: 141-154.
- Pekşen A, Karaca GH (2003). Macrofungi of Samsun province. *Turkish Journal of Botany* 27: 173-184.
- Solak MH, Allı H, Işıloğlu M (2011). Macrofungi of Osmaniye Province, *The Journal of Fungus* 2 (1-2), 1-7.
- Solak MH, Allı H, Işıloğlu M, Güngör H, Kalmış E (2013). Macrofungi of Burdur Province, *The Journal of Fungus* 4 (2): 28-34.
- Solak MH, Allı H, Işıloğlu M, Güngör H, Kalmış E (2014). Contributions to the macrofungal diversity of Antalya Province, *Turk J Bot* 38: 386-397.
- Solak MH, Ersel FY, Gücin F, Işıloğlu M (2002a). Macrofungi of Balıkesir Province from Turkey, *Bio Science Research Bulletin* 18(2): 137-149.
- Solak MH, Ersel FY, Işıloğlu M (2004). Five new records of *Morchella* species for Turkey, *Mikoloji ve Fitopatoloji* 38(6):60-66.
- Solak MH, Ersel FY, Işıloğlu M (2005). A new Record of *Morchella* Taxon for the Turkish Macromycota, *OT Sistematik Botanik Dergisi* 12/1: 59-62.
- Solak MH, Gücin F (1992). Bursa yöresinden Türkiye için yeni makrofungus türleri ve yörede belirlenen diğer makrofunguslar, *Tr. J of Bot* 16: 335-346.
- Solak MH, Gücin F, Yılmaz F, Işıloğlu M (2002b). Some macrofungi from Çanakkale province, *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 10(1): 97-109.
- Solak MH, Işıloğlu M, Gücin F, Gökler I (1999). Macrofungi of İzmir province, *Turkish Journal of Botany* 23: 383-390.
- Solak MH, Yılmaz F (2002). Contributions to the macrofungus flora of Manisa district, *Ekoloji Çevre Dergisi* 11(43): 30-32.
- Taşkın H, Doğan HH, Büyükalaca S (2015). *Morchella galilaea*, an autumn species from Turkey, *Mycotaxon* Volume 130, pp. 215–221.
- Taşkın H, Doğan HH, Büyükalaca S, Clowez P, Moreau P-A, O'Donnell K (2016). Four new morel (*Morchella*) species in the elata subclade (M. sect. Distantes) from Turkey, *Mycotaxon* Volume 131, pp. 467–482.
- Türkecul İ (2003). A contribution to the fungal flora of Tokat province, *Turkish Journal of Botany* 27: 313-320.
- Türkecul İ (2008). Almus ve Çamiçi Yaylası (Tokat) Makromantar Florası, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 1(1): 53-55.
- Türkecul İ, Zülfiaroğlu E (2010). Çamlıbel İlçesi (Tokat) Makromantar Florası, *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi* 2010 (1): 55-63.

- Türkoğlu A (2008). Macrofungual diversiry of Babadağ (Denizli Turkey), *African journal of biotechnology* vol. 7 (3) pp. 192-200.
- Türkoğlu A, Allı H, Işıloğlu M, Yağız D, Gezer K (2008). Macrofungual diversity of Uşak province in Turkey, *Mycotaxon* 104: 365-368.
- Türkoğlu A, Gezer K (2006). Hacer Ormanı (Kayseri)'nın Makrofungusları, *Ekoloji* 15, 59, 43-48.
- Türkoğlu A, Kanlık A, Gezer K (2007a). Macrofungi of Çameli district (Denizli-Turkey), *Turk J Bot.* 31: 551-557.
- Türkoğlu A, Kaşık G, Öztürk C, Doğan HH (2007b). Some Macrofungi of Ihlara Valley, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7 (1) 1-9.
- Türkoğlu A, Yağız D, (2012). Contributions to the macrofungual diversity of Uşak Province, *Turkish Journal of Botany* 36 (5): 580-589.
- Uzun Y (2010). Macrofungual diversity of Ardahan and Iğdır province (Turkey), *International Journal of Botany* 6 (1): 11-20.
- Uzun Y, Acar İ, Akçay ME, Kaya A (2017). Contributions to the macrofungi of Bingöl, Turkey, *Turk J. Bot.* 41: 516-534.
- Uzun Y, Kaya A, Keleş A, Akçay ME, Acar İ (2009). Macromycetes of Genç district (Bingöl-Turkey), *International Journal of Botany* 5(4): 301-306.
- Watling R, Gregory NM (1977). Larger fungi from Turkey, Iran and neighbouring countries, *Karstenia* 17: 59-72.
- Yağız D, Afyon A (2005). The macrofungi of Karabük Province, *Turk J Bot.* 29 345-353.
- Yağız D, Afyon A, Konuk M, Helfer S (2006a). Contributions to the macrofungi of Kastamonu province, Turkey, *Mycotaxon* vol: 98 177-180
- Yağız D, Afyon A, Konuk M, Helfer S (2006b). Contributions to the Macrofungi of Bolu and Düzce Provinces, Turkey, *Mycotaxon* Volume 95, pp. 331-33
- Yatsiuk I, Saar I, Kalamees K, Sulaymonov S, Gafforov Y, O'donnell K (2016). Epitypification of *Morchella steppicola* (*Morchellaceae*, *Pezizales*), a morphologically, phylogenetically and biogeographically distinct member of the Esculenta Clade from central Eurasia, *Phytotaxa* 284 (1): 031-040.
- Yeşil ÖF, Yıldız A (2004). Contributions to the macrofungi flora of Batman Province, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 16 (1): 11-16.
- Yıldız A, Ertekin AS (1997). Contribution to the macrofungual flora of Diyarbakır, *Turkish Journal of Botany* 21: 119-122
- Yılmaz F, Öder N, Işıloğlu M, (1997). The macrofungi of Soma (Manisa) and Savaştepe (Balıkesir) districts, *Turkish Journal of Botany* 21: 221-230.
- Zerova M (1941). A new morel from the Virgin Steppe (*Morchella steppicola* Zerova sp. nov.). *Ukrayins'kyi Botanichniy Zhurnal* 2 (1): 155-159.

Yüksek Basınç Saçtırma Yönteminin Yoğunluk Modülasyonlu İTO İnce Filmlerin Optik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Filiz KELEŞ^{1,2*}, Emre KARTAL^{1,2}, Ayşe SEYHAN^{1,2}

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, NİĞDE

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, NİĞDE

*fkeles@ohu.edu.tr

Öz: Verimli bir Si-tabanlı güneş hücresi için yüksek geçirgenliğe sahip saydam iletken elektrot kullanmak önemli bir ayrıntıdır. Bu amaçla kullanılan indiyum kalay oksit (İTO) aynı zamanda yansıma önleyici kaplama görevini de yerine getirir. Bu çalışmada, alçak basınç püskürtme (ABP) ve yüksek basınç püskürtme (YBP) yöntemleri ile üretilen farklı malzeme yoğunluklarına sahip iki katmanın bir araya getirilmesi ile oluşturulan yoğunluk modülasyonlu İTO ince filmlerin yansıma önleyici olarak davrandığı ve geçirgenliği düşürdüğü gösterilmiştir. YBP ile elde edilen İTO ince filmin üst tabaka olarak kullanıldığı durumda morfolojisinin daha pürüzlü hale geldiği ve her kalınlık değeri için geçirgenliğin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak, bu numunelerde çok yönlü yansımanın daha düşük olduğu gösterilmiştir. YBP-İTO katmanının üzerine sentezlenen nano yapıların oldukça homojen olması ayrıca bir avantajdır. Sonuç olarak, YBP yöntemi daha kullanışlı bir İTO katmanı üretimi için basit ama etkili bir yöntem olduğunu ispatlamıştır.

Anahtar Kelimeler: İndiyum Kalay Oksit (İTO), Yoğunluk Modülasyonlu İnce Film, Optik Özellik, Yüksek Basınç Püskürtme (YBP), Silisyum Nanoyapı

Investigation of The Effect of High Pressure Sputter Method on Optical Properties of Density Modulated ITO Thin Films

Abstract: Having a high quality transparent conductive electrode is one of the critical parameters for high efficient Si-based photovoltaic device. Indium tin oxide (ITO), used for this purpose, also behaves as an anti-reflective coating. In this study, it was shown that the density modulated ITO thin films obtained by the combination of the low pressure sputter (LPS) and high pressure sputter (HIPS) layers behave anti-reflective coating as improve the transmission. The density modulated thin film whose upper layer was grown by HIPS has shown a more porous morphology and lower transmission for all thickness values. Besides, it was also observed that the omnidirectional reflection is lower. Additionally, the more homogenous property of the synthesized silicon nanostructures on HIPS-ITO is another beneficial finding. Thus, HIPS has claimed that it is a simple yet effective way of producing more efficient ITO layer

Keywords: Indium Tin Oxide (ITO), Density Modulated Thin Film, Optical Properties, High Pressure Sputter (HIPS), Silicon Nanostructure

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: 0552 238 3645; e-mail / e-posta: fkeles@ohu.edu.tr

1. Giriş

Günümüz fotovoltaik teknolojisinde, hücre yapısının basit olması ve üretimin düşük sıcaklıkta yapılabilmesi avantajlarının yanı sıra veriminin de yüksek olması sebebi ile heteroeklem katkısız ince film silisyum (Si-HİT) güneş hücreleri son derece popülerdir (Yoshikawa ve ark., 2017; Masuko ve ark., 2014). Silisyum soğurma katmanı gibi diğer önemli bir katman olan saydam iletken elektrotun (TCE) da yüksek kalitede üretilmesi hücre verimliliğinin artırılmasında önemli rol oynar. Pencere katmanı olarak da kullanılan bu tabaka yüksek ışık geçirgenliğine sahip olması için oldukça saydam ve yüklü parçacıkların etkili bir şekilde elektrotlara iletilebilmesi için iletken olmalıdır (Gordon, 2000). Bu gereksinimleri karşılamak adına kullanılan en yaygın TCE'lerden birisi de indiyum, kalay ve oksijen üçlüsünün belirli oranlarda karışmasıyla meydana gelen üçlü bileşim indiyum kalay oksit (İTO) ince filmidir. Oldukça saydam ve iletken olan İTO aynı zamanda yansımaya önleyici kaplama görevini de yerine getirdiği için Si-HİT güneş hücrelerinde sıkça kullanılır (Kim ve ark., 2016; Lien, 2010).

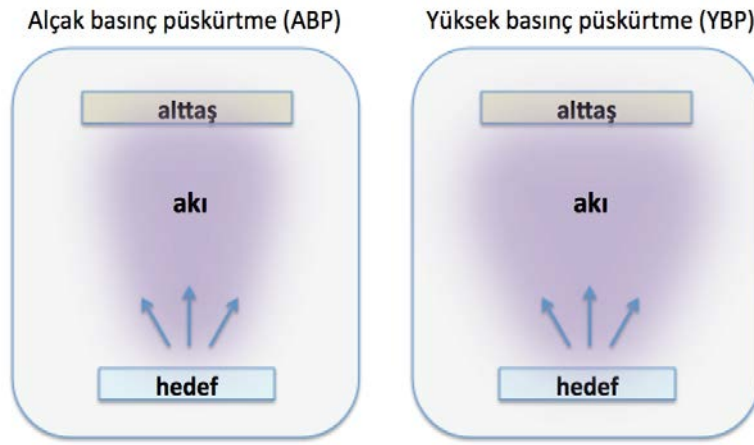
Güneş hücresinin verimliliğinin artırılmasında gelen ışığın mümkün olan en az kayıpla hücreye iletilmesi önemlidir. Bu sebeple hücre yüzeyinden yansımaya azaltmaya yönelik yansımaya önleyici kaplama (Schirone ve ark., 1997), yüzey

şekillendirme (Zhong ve ark., 2013) ve nanoyapı üretimi (Tsakalakos ve ark., 2007) gibi bazı uygulamalar da güneş hücresi üretiminde yaygın şekilde kullanılır. Si-HİT güneş hücresi bu amaç doğrultusunda yüzeyi şekillendirilmiş Si altta üzerine ve hem TCE hem de yansımaya önleyici kaplama görevlerini yerine getiren İTO kullanılarak üretilir. Si-HİT güneş hücresinde üst katmanda nanoyapı üretimi istenmeyen optik kayıpları azaltmaya yönelik bir yöntemdir.

Optik kayıpları azaltmaya yönelik diğer basit ama etkili bir yöntem ise ışıkla etkileşime giren üst tabaka ince filmin malzeme yoğunluğunu optimize ederek kırılma indisini düşürmektir. Bu sayede düşük kırılma indisine sahip bu üst katman herhangi bir ekstra işleme gerek duymaksızın yansımaya önleyici kaplama (ARC) olarak davranır (Keleş ve ark., 2017). Bu işlem basitçe ince film üretimi esnasında uygun parametrelerin seçimi ile gerçekleştirilebilir. Yüksek basınç püskürtme (YBP) yönteminin elde edilen filmin morfolojisini etkilediği ve optik özelliklerini iyileştirdiği gösterilmiştir (Keleş ve ark., 2017; Keleş ve ark., 2016). Püskürtme ile İTO ince film üretimi esnasında yoğun gaz kullanımı yüksek YBP olarak adlandırılır ve hedef atomlarının altta daha geniş bir açı ile ulaşması ile sonuçlanır. Bunun aksine, üretim esnasında daha az yoğun gaz kullanımı alçak basınç

püskürtme (ABP) olarak adlandırılır ve hedef atomlarının alttaşa daha doğrudan ulaşmasını sağlar. ABP ve YBP yöntemleri şematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir. YBP ile üretilen ince filmler hedef atomlarının gaz atomları ile yüksek oranda çarpışmaları sonrasında alttaşa ulaşarak üretime katılmaları sayesinde daha gözenekli bir yapıya ve düşük malzeme yoğunluğuna sahip olur. Sonuç olarak, sadece malzeme yoğunluğunu düşürerek

ince film yüzeyinden optik kayıpları azaltmak mümkün hale gelir. Bu çalışmada, ABP ve YBP yöntemlerinin beraber kullanılması ile elde edilen yoğunluk modülasyonuna sahip İTO ince filmlerin optik özelliklerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Ayrıca, yoğunluk modülasyonlu İTO ince film kaplamının desenlendirilmiş Si alttaşı üzerine sentezlenen nanoyapıların morfolojisini nasıl etkilediği de incelenmiştir.



Şekil 1. Alçak basınç püskürtme (ABP, solda) ve yüksek basınç püskürtme (YBP, sağda) yöntemlerinin şematik gösterimi. ABP’de hedef atomları alttaşa daha doğrusal yoldan ulaşırken, YBP’de hedef atomları gaz atomları ile daha fazla çarpışmaya maruz kaldığından alttaşa daha geniş açılarda ulaşırlar.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. RF Magnetron Püskürtme ile Yoğunluk Modülasyonlu İTO İnce Film Üretimi

İTO ince filmi bir kaç farklı kaplama yöntemi ile gerçekleştirilebilir ancak kaplama esnasında uygun parametrelerin seçimi ile ince filmin istenilen özelliklerde üretilebilmesi avantajı sayesinde RF magnetron püskürtme oldukça tercih edilir

(Hussain ve ark., 2014; Gheidari ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2005). Bu çalışmada da farklı kalınlık ve yoğunluk modülasyonuna sahip İTO ince filmlerin pürüzsüz <100> yönelimli n-tipi Si, desenlendirilmiş <111> yönelimli n-tipi Si ve soda-kireç cam alttaşlar üzerine kaplama işlemi radyo-frekanslı RF magnetron (13.6 MHz) püskürtme ile oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bütün kaplama işlemleri 100W RF gücü kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Kaplama işlemi için % 99.99 saflıktaki İTO (In_2O_3 ; % 90 & SnO_2 ; % 10) püskürtme hedefi kullanılmıştır ve kaplama basıncını ayarlamak için kullanılan Ar gazı dışında herhangi bir gaz kullanılmamıştır. Kazan taban basıncı yaklaşık 1×10^{-6} mTorr'a ulaştıktan sonra YBP ve ABP (Şekil 1) kaplamalar için sırası ile 24 mTorr'a ve 3 mTorr'a ayarlanır. ABP ile elde edilen ince film daha yoğun ve pürüzsüz olurken YBP sonucunda üretilen ince film düşük yoğunluğa sahip ve gözenekli olacaktır (Keleş ve ark., 2017). Bu çalışmada, farklı malzeme özelliğine sahip bu iki ince film farklı kalınlık ve sıralamada birleştirilerek yoğunluk modülasyonlu İTO pencere katmanı oluşturulmuş ve optik özellikleri incelenmiştir. YBP ve ABP tabakaların her bir kalınlık değeri için numune üzerine üretimdeki öncelik ve sonralık sırası gözetilerek bir set oluşturulmuş ve bu set Çizelge 1'in son sütununda görüldüğü gibi isimlendirilmiştir. Ek olarak, numune üretimi için kullanılan üç farklı alttaş da *p*- (pürüzsüz Si), *d*- (desenlendirilmiş Si) ve *c*- (soda-kireç cam) şeklinde kodlanmıştır. Üç farklı alttaş üzerine üretilen yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numuneler hakkındaki detaylı bilgi Çizelge 1'de verilmiştir. Numuneleri üretmek için kullanılan NVTS-400 Isısal İşlem & Püskürtme sistemi (Nanovak) Şekil 2'de gösterilmiştir.

İTO ince filmlerin morfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile incelenmiştir. SEM ölçümü için Si alttaşlar üzerine kaplanmış numuneler kullanılmıştır. Optik özellikleri incelemek için ise cam alttaşlar üzerine üretilmiş numunelerin yansımaya ve geçirgenlik ölçümleri UV-VIS-NIR spektrumunda Elipsometre yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Optik özellikleri gerçekleştirmek için ışık doğrudan üst tabaka İTO ince filmin üzerine gönderilmiştir.



Şekil 2. Yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numunelerin üretimi için kullanılan ısısal işlem & püskürtme sistemi.

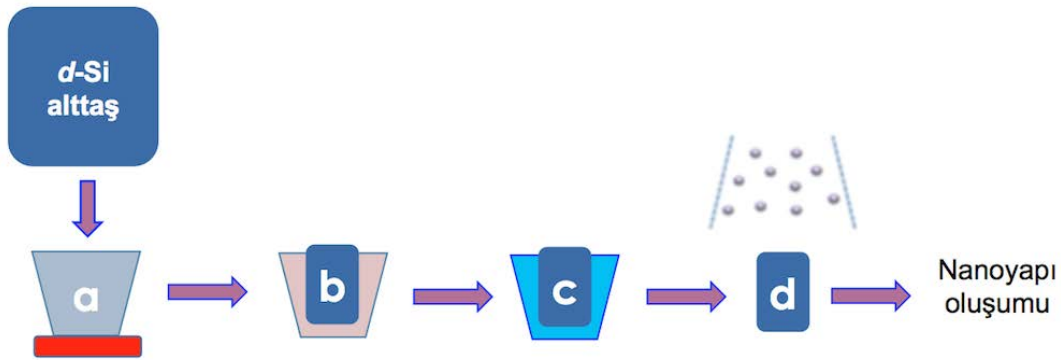
Çizelge 1. Yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numuneleri.

Numune ismi	İTO film kalınlığı (nm)		Tabakaların dizaynı
	ABP tabaka	YBP tabaka	(alttaş üzerinden)
<i>p</i> -YA-70 & <i>d</i> -YA-70 & <i>c</i> -YA-70	70	70	YBP-ABP
<i>p</i> -AY-70 & <i>d</i> -AY-70 & <i>c</i> -AY-70	70	70	ABP-YBP
<i>p</i> -YA-200 & <i>d</i> -YA-200 & <i>c</i> -YA-200	200	200	YBP-ABP
<i>p</i> -AY-200 & <i>d</i> -AY-200 & <i>c</i> -AY-200	200	200	ABP-YBP
<i>p</i> -YA-330 & <i>d</i> -YA-330 & <i>c</i> -YA-330	330	330	YBP-ABP
<i>p</i> -AY-330 & <i>d</i> -AY-330 & <i>c</i> -AY-330	330	330	ABP-YBP

Metal-Destekli Kimyasal Aşındırma Yöntemi ile Nanoyapı Elde Edilmesi

Güneş hücrelerinde yüzeyden yansımayı azaltarak daha etkili bir şekilde ışığı soğurmak ve dolayısı ile verimliliği artırmak amacı ile kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi de nanoyapı kullanmaktadır (Tsakalakos ve ark., 2007; Ferry ve ark., 2008; Conibeer ve ark., 2006). Silisyum tabanlı güneş hücrelerinde ise nanoyapı kullanımı verimliliği artırmanın yanı sıra daha az malzeme kullanımına da olanak sağlamaktadır. Silisyum nanoyapı elde etmek için farklı yöntemler olsa da işlemin basit ve düşük maliyetli olması ve

de herhangi bir şekil ve boyuttaki silisyum alttaşa uygulanabilirliği avantajlarından dolayı metal-destekli kimyasal aşındırma (MACE) yöntemi oldukça popülerdir (Li ve Bohn, 2000; Zhang ve ve ark., 2008). Bu yöntem, katalizör olarak davranan metal parçacıkların silisyum yüzeyinde birikerek asidik bir çözelti içerisinde silisyumun aşındırılması ve sonuç olarak nanoyapı elde edilmesi esasına dayanır. Bu çalışmada desenlendirilmiş n-tipi Si (*d*-Si) alttaşı üzerine nanoyapı elde etmek için uygulanan MACE yöntemi şematik olarak Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Desenlendirilmiş n-tipi Si (*d*-Si) alttaşı üzerine nanoyapı elde etmek için uygulanan MECA yönteminin şematik gösterimi. İşlemler sırası ile şu şekildedir; aşındırma işlemi (a), Ag tabakayı temizleme işlemi (b), numuneyi yıkama (c) ve kurutma aşaması (d).

Şekil 3'te ayrıntıları verildiği gibi nanoyapı sentezi için ilk olarak *d*-Si alttas AgNO₃ (~ 0.102 gr) ve HF (~13.6 mL) karışımından oluşan çözeltinin içerisine yerleştirilir ve 50°C sıcaklıkta 60 dakika boyunca bekletilir. Bu esnada Ag katalizör nanoparçacıklar ve HF sayesinde nanoyapı oluşması beklenir. İkinci aşamada ise aşındırma işlemi sonrasında Ag tabakayı silisyum yüzeyinden temizlemek için *d*-Si alttas HNO₃ (~ 18.5 mL) içeren çözelti içerisinde oda sıcaklığında yarım saat bekletilir. Sonraki aşamada ise *d*-Si alttas yıkamak amacı ile saf su içerisinde yeterli süre boyunca bırakılır. Son olarak, aşındırma işlemine maruz kalmış *d*-Si alttas N₂ gazı ile kurutulur. Bu işlemler serisi sonrasında nanoyapı oluşumu gözlenir.

3. Bulgular

Pürüzsüz ve desenlendirilmiş Si alttaşlar üzerine kaplanmış yoğunluk modülasyonlu ve toplamda 660 nm kalınlığa sahip İTO ince filmlerin üst yüzey SEM görüntüleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu kalınlıktaki İTO ince filmlerin morfolojik özellikleri daha belirgin olduğu ve daha ince numunelerle kendi sınıflarında benzerlik gösterdiği için sadece en kalın numunenin SEM görüntülerine yer verilmiştir. Pürüzsüz Si (*p*-Si) alttası üzerine kaplanan İTO filmleri morfolojik açıdan farklılık gösterirken desenlendirilmiş Si (*d*-Si) alttası

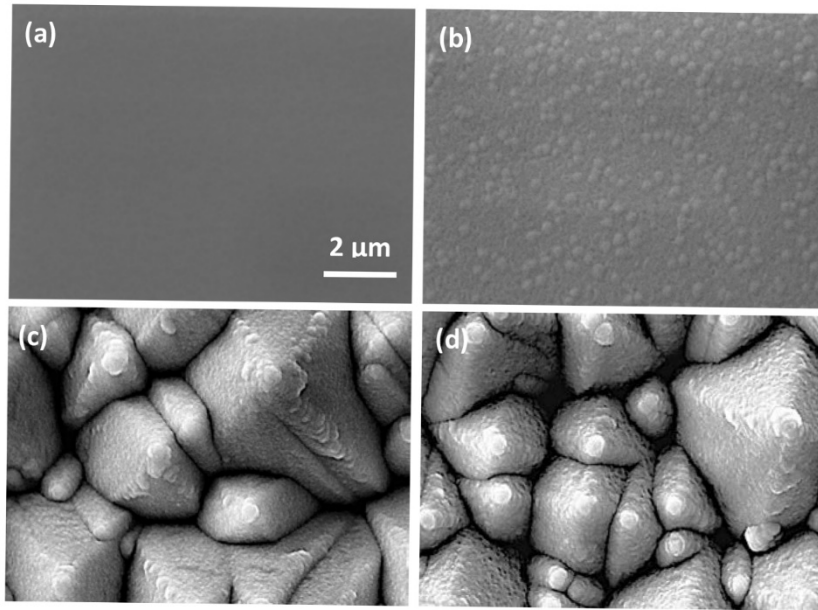
üzerindeki İTO filmler arasında göze çarpan bir farklılık gözlenmemektedir. Spesifik olarak, *p*-YA-330 olarak adlandırılan ve *p*-Si alttası üzerine önce 330 nm kalınlıkta YBP-İTO ve sonrasında yine aynı kalınlıkta ABP-İTO kaplayarak elde edilen numunenin oldukça pürüzsüz olduğu görülmektedir (Şekil 4a). Bunun aksine, *p*-AY-330 olarak adlandırılan ve bir önceki numune ile arasındaki tek farkın ABP-İTO ve YBP-İTO katmanların üretim sıralamasının tersi olduğu numunenin yüzeyinde ise nanoyapı benzeri oluşumlar göze çarpmaktadır (Şekil 4b).

Bu farklılığın nedeni YBP ile üretilen filmin pürüzlü bir yapıya sahip olması ile açıklanabilir. Yüksek basınçta hedeften kopartılan atomlar ile Ar gazı atomları arasındaki gerçekleşen yüksek çarpışma oranı sebebi ile hedef atomları alttasıya geniş açılarda ulaşır ve sonuç olarak daha gözenekli ve pürüzlü bir mikro yapıya sahip ince film üretimi gerçekleşir (Scofield ve ark., 1995).

Bu açıklamanın ışığında üst katmanı yüksek basınç altında kaplanan numunenin pürüzlü yapısı anlam kazanırken neden aynı etkinin alt katmanı yüksek basınç altında kaplanan numunede gözlemlenemediği sorusu akla gelebilir. Bunun nedeni ise pürüzlü yapının üstüne basınç altında kaplanan katmanın pütürleri kapatarak numune yüzeyini son derece pürüzsüz hale

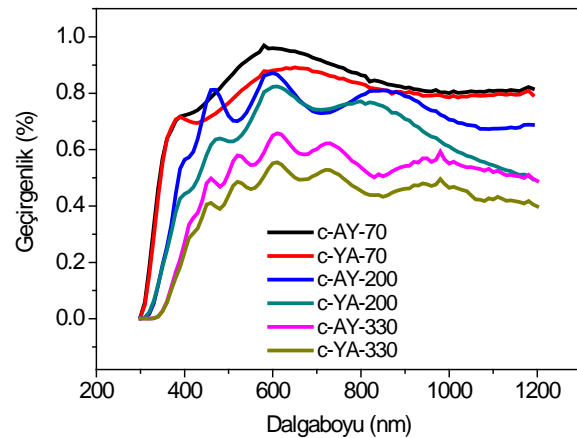
getirmesi olarak verilebilir. ABP ile üretilen filmin YBP ile üretilene göre daha yoğun ve gözeneksiz olması da (Assunção ve ark., 2003) morfolojik yapıdaki bu farklılığı açıklamada yardımcı olabilir. Pürüzsüz Si alttaş kullanıldığında görülen bu farklılık desenlendirilmiş Si alttaş için söz konusu

değildir. Bu durum, desenlendirilmiş Si yüzeyindeki piramit yapıların yüksek ve alçak basınç ortamında hedef atomlarının geliş açısının morfoloji üzerindeki etkisini kırdığı ve bariz bir fark oluşturmadığı söylenerek açıklanabilir.



Şekil 4. Pürüzsüz Si (*p*-Si) ve desenlendirilmiş Si (*d*-Si) alttaşları üzerine yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numunelerin üst yüzey SEM görüntüleri, sırası ile; *p*-YA-330 (a), *p*-AY-330 (b), *d*-YA-330 (c) ve *d*-AY-330 (d).

Üretim esnasında kullanılan basınç değeri İTO ince filmlerin morfolojik yapısının yanı sıra optik özelliklerini de etkiler. Yoğunluk modülasyonlu İTO numunelerin optik özelliklerini incelemek için cam alttaş üzerindeki filmlerin geçirgenlik (Şekil 5) ve *p*-Si alttaş üzerindeki filmlerin yansımaya (Şekil 6) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te gösterildiği gibi İTO filmlerin kalınlık değeri arttıkça beklendiği gibi geçirgenlik azalır.

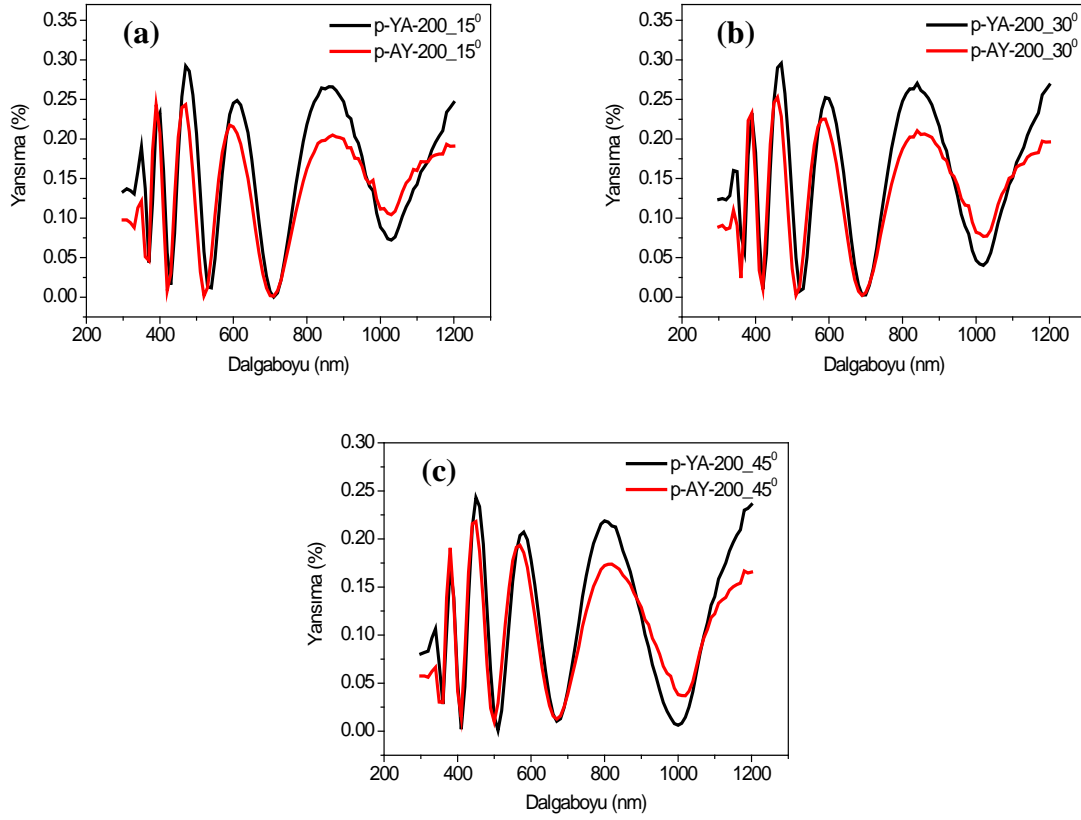


Şekil 5. Cam alttaş üzerine kaplanmış yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numunelerin geçirgenlik ölçüm sonuçları.

Aynı zamanda kalınlık artmasına bağlı olarak geçirgenlik eğrisindeki tümsek ve çukurların da artması ince filmlerde kalınlığa bağlı olarak görülen girişimin sonucudur. Bu grafikte göze çarpan bir diğer önemli sonuç ise tüm ince film kalınlık değerlerinde üst katmanı yüksek basınç altında üretilen numunelerin daha yüksek geçirgenliğe sahip olmasıdır. YBP ile üretilen filmin daha az yoğunluğa sahip olması ve ilk olarak bu tabaka ile karşılaşan ışığın daha az yansımaya uğrayarak yüksek oranda malzemenin içinden geçmesi bu gözlemin sebebi olarak verilebilir. Bir sonraki yansımada grafiklerinden elde edilen bulgular da bu sonucu destekler niteliktedir.

Pürüzsüz Si (*p*-Si) zerine kaplanmış İTO numunelerin ışığın farklı geliş açılarında ölçülmüş yansımada grafikleri Şekil 6'da verilmiştir. Morfolojik karakterizasyonda olduğu gibi yansımada ölçümleri de diğer kalınlık değerleri ile benzerlik gösterdiğinden bu kısımda orta

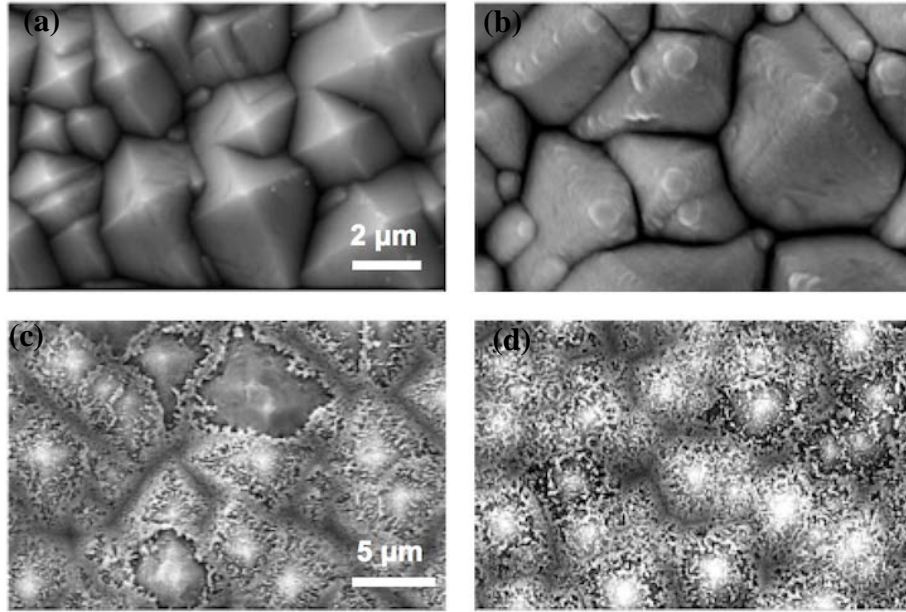
kalınlıktaki numuneler üzerinden gerçekleştirilen sonuca yer verilmiştir. Grafiklerdeki ukur ve tümsekler bir önceki durumda olduğu gibi ışığın girişimi sonucu oluşan bir durumdur. lm aralığı olan UV-VIS-NIR spektrumunun hemen hemen tüm kısmında ve bütün açı değerlerinde üst katmanı yüksek basınç altında üretilen İTO numunesi (*p*-AY-200) daha düşük yansımada özelliği göstermiştir. Bunun nedeni ise YBP ile üretilen ince filmin gözenekli yapısından dolayı malzeme yoğunluğunun azalması ve sonuç olarak daha düşük bir kırılma indisine sahip olarak kendiliğinden yansımada önleyici kaplama (ARC) olarak davranmasıdır (Keleş ve ark., 2017; Keleş ve ark., 2016). Ayrıca, YBP filmin yüzeyinin de daha przli olması yine yüzeyden yansımada azaltmaya yönelik bir özelliktir. Üstelik bu sonucun ışığın tüm geliş aı değerlerinde sağlanması da (Şekil 6a,b,c) YPB-İTO katmanının çok yönlü ARC olarak kullanılabilereğini gösterir.



Şekil 6. Pürüzsüz Si (*p*-Si) alttaşı üzerine kaplanmış yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numunelerin yansıtma ölçüm sonuçları; 15°'lik geliş açısı altında (a), 30°'lik geliş açısı altında (b) ve 45°'lik geliş açısı altında (c).

Sonuç olarak, aynı kalınlık ve üretim koşullarına rağmen sadece yüksek ve alçak basınç değerlerinde elde edilen katmanların sıralanışının değiştirilmesi ile optik özelliklerin de kayda değer bir şekilde değiştiği gözlemlenmiştir. Spesifik olarak,

yoğunluk modülasyonlu İTO ince film numunenin üst katmanını YBP ile üretmenin geçirgenliği artırdığı ve paralel olarak yansıtmayı düşürdüğü yani optik özellikleri iyileştirdiği gösterilmiştir.



Şekil 7. Yalın (a) ve YBP-İTO kaplanmış (b) desenlendirilmiş Si (*d*-Si) alttaşları üzerine sentezlenmiş nanoyapılar. Nanoyapı oluşumu homojen olarak elde edilememişken (c) YBP-İTO üzerine sentezlenen nanoyapılar oldukça homojen görünmektedir (d).

Son olarak, YBP-İTO ince filmin nanoyapı oluşumunu nasıl etkilediği incelenmiştir. Bahsedildiği gibi Si tabanlı güneş hücrelerinde verimi artırmak amacı ile nanoyapı kullanımı oldukça yaygındır. Bu sebeple, üzerine herhangi bir işlem yapılmamış ve YBP-İTO kaplanmış desenlendirilmiş *d*-Si alttaşları üzerine aynı şartlar altında MACE yöntemi ile nanoyapı sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nanoyapıların ve alttaşların üst yüzey SEM görüntüleri Şekil 7’de verilmiştir. Şekil 7c ve 7d’de net bir şekilde görüldüğü gibi YBP-İTO üzerine sentezlenen nanoyapılar homojen bir oluşum gösterirken yalın *d*-Si üzerine nanoyapı oluşumu tam olarak gerçekleşmemiştir. Bunun nedeni yine YBP-İTO’nun pürüzlü yapısı sayesinde aşındırıcı çözeltiyi piramit yapılar üzerinde

daha iyi tutması ve sonuç olarak daha etkili bir aşındırma süreci ile açıklanabilir.

4. Tartışma

Bu çalışmada yüksek basınç püskürtme yönteminin yoğunluk modülasyonlu ince film numunelerin morfolojisini değiştirdiği ve buna bağlı olarak optik özelliklerini iyileştirdiği gösterilmiştir. Üst tabaka ince filmi yüksek basınç altında elde edilen numune pütürlü bir yapıya sahip olurken malzeme miktarınca özdeş ama tek farkı üst tabaka ince filmin alçak basınç altında üretilmesi olan numune daha pürüzsüz bir yüzey yapısına sahiptir. Buna bağlı olarak YBP-İTO üst tabakalı ince filmin her kalınlık değeri için daha yüksek geçirgenlik sergilediği gözlemlenmiştir. Bu bulguyu

destekler nitelikte olarakta bu numunelerin yüzeyden yansıma özelliğinin daha düşük olduğu gösterilmiştir. Üstelik yüzeyden yansımanın azalması bulgusunun gelen ışığın üç farklı geliş açısı içinde sağlanıyor olması yoğunluk modülasyonlu ince film numunelerde YBP ile üretilen üst katmanın güneş hücrelerinde çok yönlü yansıma önleyici kaplama olarak kullanılabilceğini öngörmektedir. Desenlendirilmiş Si alttaş üzerine üretilen YBP-İTO filmin sentezlenen nanoyapıların daha homojen elde edilmesi ile sonuçlanması ise yine güneş hücrelerinde bir avantaj olarak ele alınabilir. Sonuç olarak basit ama etkili olan YBP yöntemi ile hem yansıma önleyici

kaplama hem de homojen nanoyapı üretimi için uygun bir zemin olan İTO üretiminin mümkün olduğu bu çalışmada gösterilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında ise YBP yöntemi ile elde edilen İTO sayesinde Si tabanlı güneş hücresinin verimliliğinin artırılabilceğini ifade etmek gerçekçi olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma merkezi bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Assunçao V, Fortunato E, Marques A, Aguas H, Ferreira I, Costa MEV, Martins R (2003). Influence of deposition pressure on the properties of transparent and conductive ZnO:Ga produced by r.f. sputtering at room temperature. *Thin Solid Films* 427: 401–405.
- Conibeer G, Green M, Corkish R, Cho Y, Cho E-C, Jiang C-W, Fangsuwannarak T, Pink E, Huang H, Puzzer T, Trupke T, Richards B, Shalav A, Lin K-L (2006). Silicon nanostructures for third generation photovoltaic solar cells. *Thin Solid Films* 511–512: 654–662.
- Ferry VE, Sweatlock LA, Pacifici D, Atwater H (2008). Plasmonic nanostructure design for efficient light coupling into solar cells. *Nano Lett* 8: 4391–4397.
- Gheidari AM, Soleimani EA, Mansorhoseini M, Mohajerzadeh S, Madani N, Shams-Kolahi W (2005). Structural properties of indium tin oxide thin films prepared for application in solar cells. *Materials Research Bulletin* 40: 1303–1307.
- Gordon, RG (2000). Criteria for choosing transparent conductors. *Mrs Bulletin* 52–57.
- Hussain, SO, Oh W-K, Ahn S, Tuan Le, AH, Kim S, Lee Y, Yi J (2014). RF Magnetron sputtered indium tin oxide films with high transmittance and work function for a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells. *Vacuum* 101: 18–24.
- Keles F, Badradeen E, Karabacak T (2017). Self-anti-reflective density-modulated thin films by HIPS technique. *Nanotechnology* 28: 335703.

- Keles F, Cansizoglu H, Badraddin EO, Brozak MT, Watanabe F, Karabacak T (2016). HIPS-GLAD core shell nanorod array photodetectors with enhanced photocurrent and reduced dark current. *Mater Res Express* 3: 105028.
- Kim N, Um H-D, Choi I, Kim K-H, Seo K (2016). 18.4%-Efficient heterojunction Si solar cells using optimized ITO/Top electrode. *ACS Appl Mater Interfaces* 8: 11412–11417.
- Li X, Bohn WP (2000). Metal-assisted chemical etching in $\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$ produces porous silicon. *Appl Phys Lett* 77: 2572.
- Lien SY (2010). Characterization and optimization of ITO thin films for application in heterojunction silicon solar cells. *Thin Solid Films* 518: 10–13.
- Masuko K, Shigematsu M, Hashiguchi T, Fujishima D, Kai M, Yoshimura N, Yamaguchi T, Ichihashi Y, Mishima T, Matsubara N, Yamanishi T, Takahama T, Taguchi M, Maruyama E, Okamoto S (2014). Achievement of more than 25% conversion efficiency with crystalline silicon heterojunction solar cell. *IEEE Journal of Photovoltaics* 4: 1433.
- Schirone L, Sotgiu G, Califano FP (1997). Chemically etched porous silicon as an anti-reflection coating for high efficiency solar cells. *Thin Solid Films* 297: 296–298.
- Scofield JH, Duda A, Albin D, Ballard BL, Predecki PK (1995). Sputtered molybdenum bilayer back contact for copper indium diselenide-based polycrystalline thin-film solar cells. *Thin Solid Films* 260: 26–31.
- Tsakalakos L, Balch J, Fronheiser J, Korevaar BA, Sulima O, Rand J (2007). Silicon nanowire solar cells. *Appl Phys Lett* 91: 233117.
- Yoshikawa K, Kawasaki H, Yoshida W, Irie T, Konishi K, Nakano K, Uto T, Adachi D, Kanematsu M, Uzu H, Yamamoto K (2017). Silicon heterojunction solar cell with interdigitated back contacts for a photoconversion efficiency over 26%. *Nature Energy* 2: 17032.
- Zhang ML, Peng K-Q, Fan X, Jie J-S, Zhang R-Q, Lee S-T, Wong N-B (2008). Preparation of large-area uniform silicon nanowires arrays through metal-assisted chemical etching. *J Phys Chem C* 112: 4444–4450.
- Zhao L, Zhou Z, Peng H, Cui R (2005). Indium tin oxide thin films by bias magnetron rf sputtering for heterojunction solar cells application. *Applied Surface Science* 252: 385–392.
- Zhong S, Liu B, Xia Y, Liu J, Liu J, Shen Z, Xu Z, Li C (2013). Influence of the texturing structure on the properties of black silicon solar cell. *Solar Energy Materials* 108: 200–204.

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

ISSN 2458-9411 (e-dergi) Dergi web sayfası <http://dergipark.gov.tr/sufefd>

Doç Dr. Evren YILDIZTUGAY, Editör,

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi,

Biyoteknoloji Bölümü, 42250 Konya, TÜRKİYE

e-mail: selcukfendergi@gmail.com



Makale Gönderme ve Telif Hakkı Devir Sözleşmesi

Makale Başlığı	
Yazar(lar)	

Makaleden sorumlu yazarın bilgileri:

Adı ve Soyadı

Adresi

E-posta

Telefon

Faks

Sunmuş olduğumuz makalenin yazar(lar)ı olarak ben/bizler aşağıdaki konuları taahhüt ederiz:

- Bu makale tarafımı/tarafımızdan yapılmış özgün bir çalışmadır.
- Yazar/Yazarlar olarak makalenin sorumluluğunu üstlenirim/üstleniriz.
- Bu makale başka bir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere herhangi bir yere yollanmamıştır.
- Yazar/Yazarlar gönderilen makaleyi görmüş ve sonuçlarını onaylamıştır.

Yukarıdaki konular dışında yazar(lar)ın aşağıdaki hakları ayrıca saklıdır:

- Telif hakkı dışındaki patent hakları yazar/yazarlara aittir.
- Yazar/Yazarlar makalenin tümünü kitaplarında ve derslerinde, sözlü sunumlarında ve konferanslarında kullanabilir.
- Satış amaçlı olmayan kendi faaliyetleri için çoğaltma hakları vardır.

Bunun dışında, makalenin çoğaltılması, postalanması ve diğer yollardan dağıtılması, ancak bilim ve yayın kurulunun izni ile yapılabilir. Makalenin tümü veya bir kısmından atıf yapılarak yararlanılabilir.

Ben/Biz bu makalenin, etik kurallara uygun olduğunu ve belirtilen materyal ve yöntemler kullanıldığında herhangi bir zarara ve yaralanmaya neden olmayacağını bildiririz.

Makaleye ait tüm materyaller (kabul edilen veya reddedilen fotoğraflar, orijinal şekiller ve diğerleri), bilim ve yayın kurulunca bir yıl süreyle saklanacak ve daha sonra imha edilecektir.

Bu belge, tüm yazar/yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Bütün imzalar, ıslak imza olmalıdır.

*Yazar(lar) Adı ve Soyadı	Adresi	Tarih	İmza

*Satır sayısı, yazar sayısı kadardır. Yetersizse artırılabilir.

Makalenin Editörler Kurulunca yayına kabul edilmemesi durumunda bu belge geçersizdir.



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

Makaleler, A4 (210 mmx297 mm) boyutunda 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Sayfanın sağında, solunda, altında ve üstünde 2.5'er cm boşluk bırakılmalı ve yazılar sağa-sola dayalı olmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve akademik unvan belirtilmemelidir. Türkçe hazırlanan makaleler Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır.

Makale: Türkçe Başlık, Türkçe Öz, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, Abstract, Keywords, Giriş, Materyal ve Metot, Araştırma Sonuçları, Tartışma, Teşekkür (varsa), **Kaynaklar** bölümlerinden oluşmalıdır. Bölüm adları koyu yazılmalıdır. Varsa her bir şekil ve tablolar makale içerisinde bahsedildikleri yerden sonra sırayla yerleştirilmelidir.

Başlık: Kısa ve açıklayıcı olmalı, 14 punto ve koyu, kelimelerin ilk harfi büyük olmalı, ortalanarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılmalı, 14 punto ve koyu yazılmalıdır.

Öz: Türkçe ve İngilizce özlere her biri 300 kelimeyi geçmemelidir. Türkçe ve İngilizce özlere sırasıyla "Öz" ve "Abstract" kelimeleri kullanılmalıdır. Öz, çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir.

Öz ve Abstract kısımlarında kesinlikle referans kullanılmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Özlere 1 satır altına, her anahtar kelimenin ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 6 anahtar kelime yazılmalıdır.

Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

Materyal ve Metot: Bu bölümde makalede kullanılan materyal ve metot açıkça belirtilmelidir.

Araştırma Sonuçları: Elde edilen sonuçlar verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle desteklenerek bulgular açıklanmalıdır. Elde edilen bulgular tekrardan kaçınılması amacıyla ya çizelge ya da grafik olarak verilmelidir. İstatistik olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. İstatistik analiz yönteminin doğru seçilmediği ve/ya analiz gereği gibi yapılmadığı durumlarda editörler kurulu makaleyi değerlendirme dışında tutabilir.

Tartışma: Bulgular çalışma ile ilgili güncel makalelerle tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıklanmalıdır.

Teşekkür: Mümkün olduğunca kısa olmalı ve yapılan katkı ifade edilerek verilmelidir.

Kaynaklar: Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde "(Yazarın soyadı, yıl)" yöntemine göre yapılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay, 2006), (Yıldızıtugay ve Küçüköğdük, 2012). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır. Örnek: Yıldızıtugay (2006)'a göre ya da Bağcı ve Küçüköğdük (2000). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atıfta Türkçe makalelerde "ve ark." ; İngilizce makalelerde "et al." kullanılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay ve ark., 2014), (Yıldızıtugay et al., 2014) veya Özfidan-Konakçı ve ark. (2015)'e göre. Aynı yazarın aynı yıl içinde 1'den fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir. Örnek: (Yıldızıtugay ve ark., 2014a). Aynı yazarın birden fazla yayınına atıf yapılacaksa yıldan sonra noktalı virgül (;) işareti ile ayırt edilmelidir. Örnek: (Yıldızıtugay, 2012; 2013; 2014). Birden fazla atıf yapılırsa atıflar arasında noktalı virgül (;) kullanılmalıdır. Örnek: (Yıldızıtugay ve Küçüköğdük, 2012; Yıldızıtugay ve ark., 2014; Yıldızıtugay, 2006).

Kaynaklar bölümünde metin içinde atıf yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri italik yazılmalıdır. **Kongre kitaplarında Türkçe ya da yabancı dilde özeti yayınlanmış çalışmalara atıf yapılamaz.** Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Dergi:

Asada K (2006). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 50: 601-639.

Madhava Rao KV and Sresty TVS (2000). Antioxidative parameters in the seedlings of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] in response to Zn and Ni stresses. *Plant Sci* 157: 113-128.

Liu ZJ, Guo YK, Bai JG (2010a). Exogenous hydrogen peroxide changes antioxidant enzyme activity and protects ultrastructure in leaves of two cucumber ecotypes under osmotic stress. *J Plant Growth Regul* 29: 171-183.

Kitap:

Kılınç M, Kutbay HG (2008). Bitki Ekolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara.

Odum EP (1971). Fundamentals of Ecology, Third Edition, W.B. Saunders Company, London.

Kitabın Bir Bölümü:

Babaoğlu M, Yorgancılar M, Akbudak MA (2001). Doku kültürü: temel laboratuvar teknikleri. (Editörler M. Babaoğlu, E. Gürel, S. Özcan), *Bitki Biyoteknolojisi Cilt I Doku Kültürü ve Uygulamaları*, S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya, s. 1-35.

Eteve G (1985). Breeding for tolerance and winter hardiness in pea. In Hebblethwaite PD, Heath MC, Dawkins TCK (Eds) *The pea Crop: A Basis for Improvement*. Butterworths, London. UK, pp. 131-136.

Yazarı Belirtilmeyen Kurum Yayınları:

TÜİK (2012). Tarım İstatistikleri Özeti. Türkiye İstatistik Kurumu, Yayın No: 3877, Ankara

İnternette Alınan Bilgi:

FAO (2013). Production and trade statistics. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-trade/en/> (Erişim tarihi:02.10.2013)

Şekiller ve Tablolar: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Tablo" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve tablolar makalenin içine yerleştirilmelidir. Şekil ve tabloların boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve tabloların boyutu baskıda çıkabilecek çözünürlükte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpeg" formatında olmalıdır. Her tablo ve şekle metin içerisinde atıf yapılmalıdır. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (**Tablo 1** ve **Şekil 1**). Tablo ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Şekil ve tablo başlık yazıları 10 punto, şekil ve tabloların içindeki yazılar 9 punto, tablo altı yazılar 8 punto Times New Roman yazı karakterinde olmalıdır. Tablo ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (System International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (m/s yerine m s⁻¹, J/s yerine J s⁻¹, kg m/s² yerine kg m s⁻² gibi). Sayı ile sembol arasında bir boşluk bırakılmalıdır (4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C gibi). Bu kuralın istisnaları düzensel açılar için kullanılan derece, dakika ve saniye sembolleridir (°, ' ve "). Bunlar sayıdan hemen sonra konmalıdır (10°, 45', 60' gibi). Litrenin kısaltması "l" olarak belirtilmelidir. Cümle sonunda değilse sembollerin sonuna nokta konulmamalıdır (kg, değil kg).

Formüller: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüllerin yazılmasında Word matematik işlemcisi kullanılmalı, ana karakterler 12 punto, değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1" biçiminde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1' de verilmiştir).

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi

Fen Dergisi Editörlüğü

42075 Kampüs/KONYA

Faks: 0 332 241 24 99

E-mail: selcukfendergi@gmail.com

Web Sayfası: <http://dergipark.gov.tr/sufefdi>



İÇİNDEKİLER (CONTENTS)



- Pleurotus ostreatus'un Misel Gelişmesine Sitokininlerin Etkisi**95–102
The Effect of Cytokines on Mycelium Growth of Pleurotus ostreatus
 Zeynep AY, Giyasettin KAŞIK, Sinan ALKAN
- Adıyaman, Malatya ve Şanlıurfa İllerinden Belirlenen Afet Türlerinin Türkiye Afet Faunasına Katkıları Açısından Değerlendirilmesi** 103–115
Evaluations of the Aphid Species Determined in Adıyaman, Malatya and Şanlıurfa Provinces for Contribution to Turkey Aphid Fauna
 Gazi GÖRÜR, Özhan ŞENOL, Hayal AKYILDIRIM BEĞEN
- Schiff Bazı Ligand Kompleks Bileşiminin Sentezi ve Multinükleer Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Geçiş Metal Kompleksinin İncelenmesi**116–125
Synthesis of Schiff Base Ligand Complex Compound and Investigation of Multiple Nuclear Fe(III)/Fe(II)/Fe(III) Metal Complex
 Gülcan FERİÇOK, Ziya Erdem KOÇ
- Mikroplastiklerin (MP) Sucul Organizmalar Üzerindeki Risk Profillerinin Değerlendirilmesi**.....126–135
The Evaluation of Risk Profiles of Microplastics (MP) on Aquatic Organisms
 Figen Esin KAYHAN
- Oda Sıcaklığında Çinko Ftalosiyanınin BTX Gazlarına Duyarlılığı**136–148
Room Temperature BTX Sensor Based on Zinc Phthalocyanine Thin Film
 Asuman AŞIKOĞLU BOZKURT
- PISA Fen, Matematik ve Okuma Puanları Arasındaki Bağımlılık Yapısının Kopula ile Modellenmesi**149–162
PISA Modeling the Dependency Structure between Science, Mathematics and Reading Scores with Copula
 Mervenur PALA*, Fatih SAĞLAM
- Endemik Stachys pumila Banks & Sol. ve Stachys citrina Boiss. & Heldr. (Lamiaceae) Türleri Üzerine Karşılaştırmalı Anatomik ve Mikromorfolojik Bir Çalışma**163–178
Comparative Anatomical and Micromorphological Study on Turkish Endemic Stachys pumila Banks & Sol. and Stachys citrina Boiss. & Heldr.
 Muhittin DİNÇ, Mustafa İÇELİ, Süleyman DOĞU
- Türkiye'deki Morchella Türleri; Nadir Bulunan Morchella steppicola Zerova Türü için Yeni Bir Lokalite**179–196
Morchella Species in Turkey; A New Locality for Rare Morchella steppicola Zerova Species
 Sinan ALKAN, Mustafa BAĞ, Giyasettin KAŞIK
- Yüksek Basınç Saçtırma Yönteminin Yoğunluk Modülasyonlu İTO İnce Filmlerin Optik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi**197–208
Investigation of The Effect of High Pressure Sputter Method on Optical Properties of Density Modulated ITO Thin Films
 Filiz KELEŞ, Emre KARTAL, Ayşe SEYHAN

Ekim 2019

Cilt: 45

Sayı : 2