

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Bahçe Bitkileri / Horticulture

- 9 Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu İlçelerinden Selekte Edilen Badem (*Prunus amygdalus* Batch) Genotiplerinin Protein, Yağ ve Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi
*Determination of Protein, Oil and Fatty Acid Contents of Some Selected Almond (*Prunus amygdalus* Batch) Genotypes from Karacasu and Bozdoğan Yenipazar of Aydın Province*
Ersin GÜLSOY, Fikri BALTA
- 15 Chemical Composition of Two *Inula* sp. (Asteraceae) Species from Turkey
Türkiye'de bulunan iki Inula sp. (Asteraceae) Türünün Kimyasal Kompozisyonu
Ömer KILIÇ
- 21 Bazı Kayısı Çeşitlerinin Bingöl Bölgesindeki Gelişim Durumlarının Belirlenmesi
Determination of Plant Growing of Some Apricot Cultivars in Bingöl Region
Abdullah OSMANOĞLU, Tuncay KAYA, Barış DEMİRHAN

Biyoloji Eğitimi / Biology Education

- 29 Morphological and Anatomical Study on *Gladiolus antakiensis* A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. (Iridaceae)
Gladiolus antakiensis A. P. Hamilton and Gladiolus atroviolaceus Boiss. (Iridaceae) Üzerine Morfolojik ve Anatmik Çalışma
Kadriye YETİŞEN, Yurdanur AKYOL, Bahattin BOZDAĞ, Canan ÖZDEMİR

Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering

- 37 PETKİM Atıksuyundan Kaprolaktam Geri Kazanımında Uygulanmış Özgün Bir Metot
An Original and Applied Method for Recovery of Caprolactam from PETKİM Waste Water
Hasan ERYILMAZ
- 41 Fenton ve Fenton-Benzeri İleri Oksidasyon Yöntemleri ile Acid Yellow 36 Boyar Maddesinin Giderimi
Removal of Acid Yellow 36 Dye with Fenton and Fenton-Like Advanced Oxidation Methods
Nihal KOCAKAPLAN, Neşe ERTUGAY, Emine MALKOÇ

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

- 49 Adsorption Kinetics of Pb²⁺ Removal from Aqueous Solutions Using Spent Batteries
Atık Pilleri Kullanarak Sıvı Çözeltilerden Kaldırılan Pb²⁺ nin Adsorpsiyon Kinetiği
Isaiah Adesola OKE
- 55 Assessment and Optimization of Electrochemical Treatment of Typical Raw Water
Arıtılmamış Suyun Elektrokimyasal Muamele ile Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu
Isaiah Adesola OKE, Ezekiel Oluwaseun FEHINTOLA, Olumuyiwa Adewale OBIJOLE, Olutoyin FASUYI- ENANG, Enoch Adedayo ADEKUNBI, Hammed Olawale OLOYEDE

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

- 67 Türkiye'de Tarımsal Üretim ile Tarımsal Kredi Kullanımı Arasındaki Nedensellik İlişkisi
Causal Relationship Between Agricultural Production and Agricultural Credit Use in Turkey
Mustafa TERİN, İrfan Okan GÜLER, Adem AKSOY

Tarla Bitkileri / Field Crops

- 73 Farklı Fotoperiyot Şartlarında in vitro Olarak Yetiştirilen patates (*Solanum tuberosum* L.)'lerde BAP'ın NAA ve IBA ile Birlikte Mikro Yumru Oluşturma Üzerine Etkileri
*The Effects of BAP with NAA and IBA on Microtuberization of in vitro Grown Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) under Different Photoperiod Conditions*
Ahmet Metin KUMLAY, Neşet ARSLAN, Canan KAYA



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF THE INSTITUTE
OF SCIENCE AND TECHNOLOGYwww.igdir.edu.tr

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FBEDJIST

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
JOURNAL OF THE INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

JOURNAL OF THE INSTITUTE

OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

www.igdir.edu.tr



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)

(Uluslararası Hakemli Dergi / *International Peer Reviewed Journal*)

ISSN 2146-0574

Veri Tabanı / Indexed by

EBSCO and DOAJ

Sahibi / Owner

Prof. Dr. İbrahim Hakkı YILMAZ

Rektör / *Rector*

Sorumlu Müdür / Director

Doç. Dr. Bünyamin YILDIRIM / *Assoc. Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM*

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü / *Director of the Inst. of Sci. and Technology*

Baş Editör / Editor in Chief

Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL / *Assist. Prof. Dr. Süleyman TEMEL*

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY / *Assist. Prof. Dr. Ersin GÜLSOY*

Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT / *Assist. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT*

Yayın Komisyonu / Publication Committee

Doç. Dr. Bilal KESKİN / *Assoc. Prof. Dr. Bilal KESKİN*

Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ / *Assist. Prof. Dr. Tuba GENÇ*

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN / *Assist. Prof. Dr. Kasım ŞAHİN*

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KAYA / *Assist. Prof. Dr. Tuncay KAYA*

Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK / *Assist. Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK*

Tasarım / Design - Baskı / Printing

Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.

Konur 2 Sokak No: 57/4 Kızılay, Ankara - Türkiye

Tel / *Phone* : +90 312 425 07 34

Faks / *Fax* : +90 312 425 07 36

www.hangarreklam.com.tr

ULUSAL EDİTÖRLER KURULU
NATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Yavuz AKBAŞ, Biyometri Genetik,
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ, Tarla Bitkileri,
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. M. İhsan SOYSAL, Biyometri Genetik,
Namık Kemal Üniv., Tekirdağ, Türkiye

Prof. Dr. Semra ORAL ERBAŞ, İstatistik,
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Turgay TAŞKIN, Zootekni,
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Türker SAVAŞ, Zootekni,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Fikri BALTA, Bahçe Bitkileri,
Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye

Prof. Dr. Halil KIRNAK, Tarımsal Yapılar ve Sulama,
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Prof. Dr. Pervin ARIKAN, Fizik,
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Nurhan AKYÜZ, Gıda Mühendisliği,
İğdır Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN, Gıda Mühendisliği,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA, Toprak,
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ, Coğrafya,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim Ethem GÜLER, Tarım Makinaları,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Muhammed ARABACI, Su Ürünleri,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Rüstem CANGİ, Bahçe Bitkileri,
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Prof. Dr. Ali KAYGISIZ, Zootekni,
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. K.Maraş, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ÇELİK, Tarım Makinaları,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM, Tarım Makinaları,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Suat ŞENSOY, Bahçe Bitkileri,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. İsmail ÖZTÜRK, Tarım Makinaları,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Davut KARAYEL, Tarım Makinaları,
Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

Doç. Dr. Erdal Necip YARDIM, Bitki Koruma,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Doç. Dr. Ferhat MURADOĞLU, Bahçe Bitkileri,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Doç. Dr. Ecevit EYDURAN, Zootekni,
İğdır Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ, Zootekni,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat AKKURT, Bahçe Bitkileri,
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN, Tarım Ekonomisi,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK, Toprak,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Bayram YURT, Gıda Mühendisliği,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Önder YILDIZ, Gıda Mühendisliği,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sefa ALTIKAT, Tarım Makinaları,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hakan KİBAR, Tarımsal Yapılar ve Sulama,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Dr. İlknur MERİÇ, Su Ürünleri,
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU
INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic,
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan

Prof. Dr. Muhammad SARWAR, Animal Science,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Tan YANWEN, Economics,
South China Agricultural University, Guangzhou, China

Prof. Dr. Abdul WAHID, Department of Botany,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Zafar IQBAL, Veterinary Science,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Khalid JAVED, Dep. of Livestock Prod.,
University of Vet. & Animal Sciences, Lahore, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Christina BENEKI, Dep. of Bus. Admin.,
Tech. Educ. Inst. of Ionian Islands, Cephalonia, Greece

Dr. Abdul WAHEED, Animal Science,
Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan

Dr. Ferhat ABBAS, Vet- Animal Science, CASVAB,
University of Balochistan, Balochistan, Pakistan

Dr. Naveen KUMAR, Horticulture,
University of Florida, Florida, USA

ULUSAL DANIŞMA KURULU
NATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Gülcan ERAKTAN, Tarım Ekonomisi,
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Ensar BAŞPINAR, İstatistik, Sinop
Üniversitesi, Sinop, Türkiye

Prof. Dr. Ömer AKBULUT, Zootekni,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Z. Servet YALÇIN, Zootekni,
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Güray ERENER, Zootekni,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Prof. Dr. Mürsel KÜÇÜK, Vet-Zootekni,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Aykut GÜL, Tarım Ekonomisi,
Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye

Doç. Dr. Yusif ZEYNALOV, Botanik,
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

Prof. Dr. Taner KUMUK, Tarım Ekonomisi,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ, Coğrafya,
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Gamze SANER, Tarım Ekonomisi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Hamdi BİLGİN, Tarım Makinaları, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Semiha KIZILOĞLU, Tarım Ekonomisi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim YILMAZ, Tarım Ekonomisi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

Prof. Dr. Aşkın KOR, Zootekni, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Kadir KIZILKAYA, Zootekni, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. Cuma AKBAY, Tarım Ekonomisi, Kahramanmaraş S.I. Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

Prof. Dr. Hasan VURAL, Tarım Ekonomisi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye

Prof. Dr. Vecdi DEMİRCAN, Tarım Ekonomisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet MENDEŞ, Biyometri Genetik, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU, Zootekni, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Doç. Dr. Basri Hakan HAKYEMEZ, Tarla Bitkileri, Kırıkkale MYO Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

Doç. Dr. Hikmet ORHAN, Biyometri Genetik, Süleyman Demirel Üniv., Isparta, Türkiye

Doç. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK YAŞA, Bahçe Bitkileri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ömer BEYHAN, Bahçe Bitkileri, Sakarya Üniversitesi Akyazı MYO, Sakarya, Türkiye

Doç. Dr. Gölge SARIKAMIŞ, Bahçe Bitkileri, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Doç. Dr. Sibel TAN, Tarım Ekonomisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Mustafa SÜRMEK, Tarla Bitkileri, Adnan Menderes Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Handan UCUN, Çevre Mühendisliği, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İlkay BARITÇI, Zootekni, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sadiye Peral EYDURAN, Bahçe Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tamer ERYİĞİT, Tarla Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Evsel DENİZHAN, Bitki Koruma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Cihat YILDIZ, Tarım Makinaları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Fikret BUDAK, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sezgin SANCAKTAROĞLU, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat YILDIRIM, Muhasebe-Finans, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KARAÇAY, Makine Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kenan GEÇER, Bahçe Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ayhan BAŞTÜRK, Gıda Mühendisliği, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Köksal KARADAŞ, Tarım Ekonomisi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Atilla DURMUŞ, Biyoloji, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nurhan KESKİN, Bahçe Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Şeyda ÇAVUŞOĞLU, Bahçe Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nuh DEMİRCİOĞLU, Çevre Mühendisliği, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Cemal BUDAĞ, Hayvan Besleme, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sebahattin KAYA, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Raşan İVGİN TUNCA, Tarımsal Biyoteknoloji, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kemal YAZGAN, Zootekni, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ferda KARAKUŞ, Zootekni, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Bahadır SAYINCI, Tarım Makinaları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU, Bitki Besleme ve Toprak Bölümü, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye.

Dr. M. Kazım KARA, Biyometri Genetik, TAPDK, Ankara, Türkiye

ULUSLARARASI DANIŞMA KURULU INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Mahmood SAGHAEI, Dep. of Anest. and Crit Care, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Prof. Dr. Khalid Mahmood KHAWAR, Agricultural Biotechnology, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Asghar HUSSAIN, University of Veterinary & Animal Sciences, Lahore, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Mohammad Masood TARIQ, Zootekni, University of Balochistan, Balochistan, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Majed RAFEEQ, Vet-Animal Science, CASVAB, University of Balochistan, Quetta, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Muhammad Aasif SHAHZAD, Animal Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Mirza HASANUZZAMAN, Agronomy, Shere-Bangla Agricultural University, Dhaka, Bangladesh

Dr. Masroor Ahmad BAJWA, Biotechnology, (CASVAB) University Of Balochistan, Quetta, Pakistan

Dr. Leila AZADBAKHT, Nutr. Dep, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Dr. Meena MISRA, Biosciences & Biotechnology, Fakir Mohan University, Balasore, India

Dr. Monzur MORSHED, Economics, South China Agricultural University, Guangzhou, China

Dr. Abdulmojeed YAKUBU, Animal Science, Nasarawa State University, Lafia, Nigeria

Dr. Isaiah Adesola OKE, Civil Engineering, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)
YAYIN İLKELERİ

1. FBED, yılda dört kez yayınlanır. Dergide orijinal araştırma makalesi, derleme, teknik not yayımlanabilir. Araştırma konuları genomik dahil olmak üzere tarımın tüm yönleriyle ilgili olabilir. Ayrıca depolanan ürünler, pestisit bilimi, hasat sonrası fizyolojisi ve teknolojisi, tohumculuk, sulama, mühendislik, su kaynaklarının yönetimi, deniz bilimleri, hayvansal üretim ve hayvan ıslahı bilimi, fizyoloji ve morfoloji, su ürünleri yetiştiriciliği, bitki bilimi, süt bilimi, gıda bilimi, entomoloji, balık ve balıkçılık, ormancılık, temiz su bilimi, bahçe bitkileri, kümes hayvanları bilimi, toprak bilimi, sistematik biyoloji, veterinerlik, viroloji, yabancı otlar, tarım ekonomisi alanlarını içeren araştırmalar dergimize gönderilebilir. Tüm yazılar iki profesyonel hakem tarafından değerlendirilir, Editör ve Yayın Kurulu tarafından incelenir.
2. FBED Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış orijinal araştırma makaleleri, kısa notlar, teknik notlar ve derlemeler (toplam yayınların%20) yayınlamayı planlamaktadır. Ayrıca, FBED diğer ülkelerden gelen araştırmaları kabul etmektedir.
3. Yayınlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.
4. Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen eserlerle birlikte Telif Hakkı Devir Sözleşmesi de tüm yazarlarca (farklı adreslerde bulunan yazarlar forma ait tüm bilgileri doldurarak ayrıca imzalamak suretiyle gönderebilirler) imzalanarak gönderilmelidir.
5. Eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.
6. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile derginin e-posta adresine (fbed@igdir.edu.tr) gönderilmelidir.
7. Aynı sayıda ilk isim olarak bir yazarın en çok iki makalesi basılır.
8. Eserler bilim etiği ilkelerine uygun olarak hazırlanmalı, gerekliyse Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir.
9. Sunulan metinler en çok 15 sayfa olmalıdır.
10. Yazının teslim tarihinden itibaren yaklaşık 30-60 gün sonra Sorumlu Yazar'a çalışmanın yayına kabul edilip edilmediği ya da durumu bildirilir.
11. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile birlikte gönderilmelidir.

IĞDIR UNIVERSITY
Journal of The Institute of Science and Technology (JIST)
PUBLISHING POLICIES

1. JIST publishes four times a year original research papers, reviews, short notes, and technical notes on all aspects of agriculture including arid soil research and rehabilitation, agricultural genomics, stored products research, tree fruit production, pesticide science, post-harvest biology and technology, seed science research, irrigation, agricultural engineering, water resources management, marine sciences, agronomy, animal science, physiology and morphology, aquaculture, crop science, dairy science, food, science, entomology, fish and fisheries, forestry, freshwater science, horticulture, poultry science, soil science, systematic biology, veterinary, virology, viticulture, weed biology, agricultural economics and agribusiness. All the manuscripts submitted to our journal are peerreviewed by two professional referees, Editor in Chief, and Editorial Board.
2. JIST intends to publish original research papers, short notes, technical notes, and reviews (20%of total papers) written in Turkish and English languages. Also, JIST gladly accepts manuscript submissions from other countries.
3. Manuscripts and communications are accepted on the understanding that these have not been published nor are being considered for publication elsewhere.
4. All the authors should submit their manuscript with transfer form of copy right for potential publication. The transfer form of Copyright should be signed by all authors.
5. All the authors will be responsible contextually for contents of their manuscripts.
6. Manuscript and copy right transfer form as attachments should be submitted to an e-mail: fbed@igdir.edu.tr
7. Only two manuscripts of each author as first author can be published in same issue of JIST.
8. Manuscripts should be prepared in accordance with scientific ethic rules. When required, ethical committee reports with the related documents should be submitted to JIST.
9. Manuscripts submitted should be maximum 15 pages.
10. A decision will be informed to corresponding author after roughly 30-60 days from submission date of the manuscript.
11. Please contact for any question to fbed@igdir.edu.tr

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Bahçe Bitkileri / Horticulture

Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu İlçelerinden Selekte Edilen Badem (*Prunus amygdalus* Batch) Genotiplerinin Protein, Yağ ve Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi
Determination of Protein, Oil and Fatty Acid Contents of Some Selected Almond (Prunus amygdalus Batch) Genotypes from Karacasu and Bozdoğan Yenipazar of Aydın Province
Ersin GÜLSOY, Fikri BALTA

9

Chemical Composition of Two *Inula* sp. (Asteraceae) Species from Turkey
Türkiye’de bulunan iki Inula sp. (Asteraceae) Türünün Kimyasal Kompozisyonu
Ömer KILIÇ

15

Bazı Kayısı Çeşitlerinin Bingöl Bölgesindeki Gelişim Durumlarının Belirlenmesi
Determination of Plant Growing of Some Apricot Cultivars in Bingöl Region
Abdullah OSMANOĞLU, Tuncay KAYA, Barış DEMİRHAN

21

Biyoloji Eğitimi / Biology Education

Morphological and Anatomical Study on *Gladiolus antakiensis* A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. (Iridaceae)
Gladiolus antakiensis A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. (Iridaceae) Üzerine Morfolojik ve Anatomik Çalışma
Kadriye YETİŞEN, Yurdanur AKYOL, Bahattin BOZDAĞ, Canan ÖZDEMİR

29

Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering

PETKİM Atıksuyundan Kaprolaktam Geri Kazanımında Uygulanmış Özgün Bir Metot
An Original and Applied Method for Recovery of Caprolactam from PETKİM Waste Water
Hasan ERYILMAZ

37

Fenton ve Fenton-Benzeri İleri Oksidasyon Yöntemleri ile Acid Yellow 36 Boyar Maddesinin Giderimi
Removal of Acid Yellow 36 Dye with Fenton and Fenton-Like Advanced Oxidation Methods
Nihal KOCAKAPLAN, Neşe ERTUGAY, Emine MALKOÇ

41

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

- 49 Adsorption Kinetics of Pb²⁺ Removal from Aqueous Solutions Using Spent Batteries
Atık Pilleri Kullanarak Sıvı Çözeltilerden Kaldırılan Pb²⁺'nin Adsorbsiyon Kinetiği
Isaiah Adesola OKE

- 55 Assessment and Optimization of Electrochemical Treatment of Typical Raw Water
Arıtılmamış Suyun Elektrokimyasal Muamele ile Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu
Isaiah Adesola OKE, Ezekiel Oluwaseun FEHINTOLA, Olumuyiwa Adewale OBIJOLE,
Olutoyin FASUYİ- ENANG, Enoch.Adedayo ADEKUNBİ, Hammed Olawale OLOYEDE

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

- 67 Türkiye'de Tarımsal Üretim ile Tarımsal Kredi Kullanımı Arasındaki Nedensellik İlişkisi
Causal Relationship Between Agricultural Production and Agricultural Credit Use in Turkey
Mustafa TERİN, İrfan Okan GÜLER, Adem AKSOY

Tarla Bitkileri / Field Crops

- 73 Farklı Fotoperiyot Şartlarında in vitro Olarak Yetiştirilen patates (*Solanum tuberosum* L.)'lerde BAP'ın NAA ve IBA ile Birlikte Mikro Yumru Oluşturma Üzerine Etkileri
The Effects of BAP with NAA and IBA on Microtuberization of in vitro Grown Potatoes (Solanum tuberosum L.) under Different Photoperiod Conditions
Ahmet Metin KUMLAY, Neşet ARSLAN, Canan KAYA

Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu İlçelerinden Selekte Edilen Badem (*Prunus amygdalus* Batch) Genotiplerinin Protein, Yağ ve Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi

Ersin GÜLSOY¹, Fikri BALTA²

ÖZET: Bu araştırma Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu ilçelerinde bulunan 8 ümitvar badem genotipi ile 2 standart badem çeşidinin (Teksas ve Ferragnes) bazı kimyasal özelliklerini ve yağ asidi içeriklerini belirlemek için yapılmıştır. Protein oranı AYD-73 genotipinde %25.7 ile en düşük, AYD-181 genotipinde %32.9 ile en yüksek düzeyde, yağ oranı %48.1 ile en düşük değeri AYD-66 genotipinde ve %63.1 ile en yüksek değeri AYD-137 genotipinde vermiştir. Teksas ve Ferragnes çeşitlerinde ise yağ oranı %49.8 ve %54.7, protein oranı %33.1 ve %22.8 şeklinde bulunmuştur. Badem genotiplerinin oleik asit oranı %67.53 (AYD-59)-%77.97 (AYD-151); linoleik asit oranı %13.07 (AYD-123)-%22.32 (AYD-59); palmitik asit oranı %6.06 (AYD-123)-%7.46 (AYD-137); stearik asit oranı %1.29 (AYD-73)-%2.16 (AYD-61); palmitoleik asit oranı %0.13 (AYD-151)-%0.67 (AYD-137);ve mistirik asit oranı %0.02 (AYD-73)-%0.27 (AYD-61) arasında değişmiştir. Teksas çeşidinde oleik, linoleik, palmitik, stearik, palmitoleik ve mistirik asit oranı sırasıyla %69.15, %20.47, %7.37, %2.13, %0.19 ve %0.03, Ferragnes çeşidinde ise sırasıyla %73.54, %16.46, %6.58, %1.94, %0.42 ve %0.03 bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Badem, yağ asitleri, toplam yağ, protein, Aydın-Türkiye



Determination of Protein, Oil and Fatty Acid Contents of Some Selected Almond (*Prunus amygdalus* Batch) Genotypes from Karacasu and Bozdoğan Yenipazar of Aydın Province

ABSTRACT: This research was carried out to determine and compare the various chemical properties and fatty acid contents of eight promising almond genotypes from Karacasu and Bozdoğan, Yenipazar of Aydın Province with two standard almond cultivars (Texas and Ferragnes). The ratio of protein was minimum in AYD-73 (25.7 %) and maximum in AYD-181 (32.9 %) genotypes, however the ratio of oils was minimum in AYD-137 (63.1 %) genotypes. The oil contents of standard varieties Texas and Ferragnes was ranged between 49.8 %-54.7 % respectively, whereas the protein contents of these varieties was ranged between 33.1 %-22.8 %, respectively. Oleic acid content was determined between 67.53 %(AYD-59) and 77.97 %(AYD-151), linoleic acid content was 13.07 %(AYD-123) and 22.32 %(AYD-59), palmitic acid content was 6.06 %(AYD-123) and 7.46 %(AYD-137), stearic acid content was 1.29 %(AYD-73) and 2.16 %(AYD-61), palmitoleic acid content was 0.13 %(AYD-151) and 0.67 %(AYD-137), myristic acid content was 0.02 %(AYD-73) and 0.27 %(AYD-61) in the fruits almond genotypes. Oleic, linoleic, palmitic, stearic, palmitoleic and myristic acid contents was 69.15, 20.47, 7.37, 2.13, 0.19 and 0.03 % respectively in Texas, while these fatty acids were 73.54, 16.46, 6.58, 1.94, 0.42, and 0.03 % respectively in Ferragnes.

Keywords: Almond, fatty acids, total fat, protein, Aydın-Turkey

¹ İğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, İğdır, Türkiye

² Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Ordu, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: ersin116@mynet.com

GİRİŞ

İnsan sağlığı açısından pek çok faydası bulunan badem, hem içerdiği yağ hem de zengin mineral ve vitaminler nedeniyle üretimi ve tüketimi her geçen gün artan önemli bir meyve türüdür. Badem meyvesinde protein, demir ve kalsiyumla birlikte yüksek oranda yağ bulunur. C ve E vitamininin yanı sıra selenyum açısından da zengindir. Tatlı badem meyvesi çerez, şekerleme, çikolata ve pasta üretiminde kullanılmasının yanı sıra acı bademden elde edilen badem yağı da kozmetik ve ilaç sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde teknolojik çalışmaların ilerlemesiyle birlikte bademin sağlığımız açısından birçok faydasının bulunduğu ispatlanmıştır. Nitekim yapılan çalışmalarla sert kabuklu meyve türleri içerisinde en yüksek protein içeriğine bademin (%20) sahip olduğu bununla birlikte ve kolesterol içermediği belirtilmiştir (Ahrens et al., 2005). Ayrıca bademin, kötü kolesterol olarak bilinen LDY'yi düşürdüğü iyi kolesterol olarak bilinen HDL'yi yükselttiği, kolon ve akciğer kanseri riskini azalttığı tespit edilmiştir (Davis and Iwahashi, 2001). Bademin E vitaminince ve antioksidanlarca zengin olması sayesinde, kalp krizi riskini %50 azalttığı, kemikleri güçlendirdiği, tümör hücrelerinin gelişimini engellediği, prostat kanserine karşı koruduğu, baş, böbrek ve karaciğer ağrılarını azalttığı, eklem, romatizma ve cilt hastalıklarına iyi geldiği tespit edilmiştir (Spiller et al., 1998; McManus et al., 2001; Jenkins et al., 2002; Chen et al., 2005; Mandalari et al., 2010).

Bu çalışma, Aydın iline bağlı Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu ilçelerinin merkez ve köylerinde yürütülen seleksiyon çalışması sonucu elde edilen ve ümitvar olarak görülen 8 badem genotipi ile Aydın il merkezinde yetiştirilen Teksas ve Ferragnes çeşitlerinin, bazı kimyasal özellikleri ve yağ asidi bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma 2010-2011 yılları arasında Aydın iline bağlı Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu ilçeleri seleksiyon çalışmasında ele alınan 8 badem genotipi

ile Teksas ve Ferragnes badem çeşitleri üzerinde yürütülmüştür.

Protein analizi (%): Meyvelerin protein miktarları Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Kacar, 1984). Bu amaçla, öğütülmüş ve kurutulmuş iç badem örneklerinden 0.5 g tartılarak Kjeldahl balonuna konulmuş, üzerine bir adet Kjeldahl tableti ve 13 ml (%98'lik) H_2SO_4 ilave edilmiş ve yakma ünitesinde yakılmıştır. Yakılan ve soğutulan örnekler, ayarları 20 ml borik asit (%4'lük), 48 ml NaOH (%40'lük) ve 50 ml saf su şeklinde yapılan 1'10'' süreyle destilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Destile edilen örnekler 0.1 N HCL ile titre edildikten sonra, titrasyon sarfiyatı hesaplanmış elde edilen %N sonuçları 6.25 katsayısı ile çarpılarak genotiplerin ve çeşitlerin protein içerikleri %olarak bulunmuştur.

Ham yağ (%): Meyvelerdeki toplam yağ, Soxhlet yöntemine göre yapılmış ve hesaplanmıştır. Sonuçlar %olarak değerlendirilmiştir (James, 1995).

Yağ asitleri Analizi: Yağ asitleri analizinde gaz kromatografisi yöntemi kullanılmıştır. Bunun için her bir genotipten 4 gram numune alınarak Soxhlet aparatı aracılığı ile 6 saat boyunca 150 ml hekzan ile muamele edilmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen ekstraktlar önce rotaryevaporator ile yoğunlaştırılmış daha sonra azot uçurucu yardımı ile 2 ml'ye düşüncüye kadar uçurulmuştur. Darası alınan tüplerde numunelerin toplam ağırlıkları hesaplanarak yüzde yağ oranları tespit edilmiştir.

Gaz kromatografisi analizinde yağ asitlerinin tanımlanması için Agilent HP 6890 GC cihazı kullanılmıştır. Gaz kromatografisi analizine başlamadan önce 100 mg örnek alınarak reaksiyon viallerine aktarılmış ve 10 ml hekzan içerisinde çözüldürülmüştür. Bu karışım üzerine 100µl metanolde çözüldürülmüş 2 N KOH eklenerek vialler kapatılmış ve vorteks cihazında 30 saniye santrifüj edilmiştir. Üst tarafta toplanan temiz süpernatandan 2 ml alınarak autosampler viallerine yerleştirilmiştir. Numune hazırlanışı metil ester kolonuna uygun olarak Baydar ve ark. (1999)'a göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Protein içeriği (%):

Genotiplerin protein içeriği en düşük %25.7 ile AYD-73 genotipinde ve en yüksek %32 ile AYD-181 genotiplerinde belirlenirken, Teksas çeşidinde %33.1 ve Ferragnes çeşidinde %22.8 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 1). Balta ve ark. (2001), Adır Adası'ndaki (Van) badem seleksiyonunda protein içeriğinin %22.2 ile %24.3 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Elazığ yöresi badem seleksiyonlarında protein içeriği %16.07 ile %31.47 arasında bulunmuştur (Aşkın ve ark., 2007). Özcan ve ark. (2011), 5 badem çeşidindeki protein içeriğinin en düşük %12.7 ile Guarave en yüksek %16.3 ile Cristomorto çeşitleri arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Vargas et al. (2011), IRTA'da (İspanya) araştırılan Constanti, Marinada, Tarraco, Vairo, Marcona, Nonpareil ve Masbovera badem çeşitlerindeki protein içerikleri sırasıyla %23.9, %24.2, %24.6, %24.5, %25.7, %25.3 ve %23.0 olarak bulunmuştur. Kodad ve ark. (2011a), Fas'ta 46 yerel genotip ile 5 ticari badem çeşidinde (Marcona, D. Langueta, Ferragnès, Ferraduel, Fournat) %14.1-33.0 arasında protein tespit etmişlerdir.

Ham yağ içeriği (%): Genotiplerin ham yağ içeriği, en düşük %48.1 ile AYD-66 genotipinde ve en yüksek %63.1 ile AYD-173 genotipinde belirlenirken, Teksas çeşidinde %49.8 ve Ferragnes çeşidinde %54.7 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). Isparta yöresinden selekte edilen 14 badem genotipinde (ISP-9, ISP-52, ISP-57, ISP-59, ISP-66, ISP-68, ISP-80, ISP-127, ISP-129, ISP-196, ISP-228, ISP-231, ISP-241, ISP-298) yağ oranının %44.25 ile %55.68 (Yıldırım ve ark., 2008), Tunceli yöresine ait 13 badem genotipinde yağ oranının %43.5 ile %62.4 (Çelik ve ark., 2010), Algarve (Portekiz) bölgesinden selekte edilen 12 badem çeşidinde yağ oranının %30.1 ile %51.0 (Martins ve ark., 2000), Rainfed (Hindistan) şartlarında bazı yerel ve yabancı badem çeşitlerinde yağ oranının %56.1 ile %59.8 (Ayadi ve ark., 2006), İran'da yetiştirilen yerli ve yabancı 25 badem çeşidinde yağ oranının %47.11 (Nonpareil) ile %58.86 (Rabie) (Torabi ve ark., 2011); İspanya CITA araştırma istasyonunda 10 farklı ülkeden toplanan 73 badem çeşidinde yağ oranının %51.5 ile %66.8 (Kodad ve ark., 2011b) arasında değiştiği bildirilmiştir.

Çizelge 1. Badem genotipleri ve çeşitlerinin protein ve ham yağ içerikleri

Genotip ve Çeşit	Protein (%)	Ham Yağ (%)
Teksas	33.1	49.8
Ferragnes	22.8	54.7
AYD-59	27.0	49.8
AYD-61	28.2	53.8
AYD-66	31.3	48.1
AYD-73	25.7	52.3
AYD-123	26.8	53.1
AYD-137	27.0	63.1
AYD-151	28.4	48.7
AYD-181	32.9	51.6

Yağ asidi içerikleri (%): İncelenen genotiplerin yağ asidi içerikleri; oleik asit en düşük %67.53 ile AYD-59 genotipi ve en yüksek %77.97 ile AYD-151 genotipinde, linoleik asit en düşük %13.07 ile AYD-123 genotipinde ve en yüksek %22.32 ile AYD-59 genotipinde, palmitik asit en düşük %6.06 ile AYD-123 genotipinde ve en yüksek %7.46 ile AYD-137 genotipinde, stearik asit en düşük %1.29 ile AYD-73 genotipinde ve en yüksek %2.16 ile AYD-61 genotipinde, palmitoleik asit en düşük %0.13 ile AYD-151 genotipinde ve en yüksek %0.67 ile AYD-137 genotipinde, miristik asit en düşük %0.02 ile AYD-73 genotipinde ve en yüksek %0.27 ile AYD-61 genotipi arasında belirlenmiştir (Çizelge 2). Elazığ yöresi badem seleksiyonlarında oleik asit %50.41 ile %81.20 arasında, linoleik asit %6.21 ile %37.13 arasında, palmitik asit %5.46 ile %15.78 arasında, palmitoleik asit %0.36 ile %2.52 arasında, stearik asit %0.80 ile %3.83 arasında değişmiştir (Aşkın et al., 2007). Sathe et al. (2008), Kaliforniya'nın 12 farklı bölgesinde yetiştirilen 8

badem çeşidinde palmitik asit içeriğini %5.07-6.78, oleik asit içeriğini %57.54-73.94 ve linoleik asit içeriğini %19.32-35.18 olarak kaydetmişlerdir. Socias I Company et al. (2008), yapılan seleksiyon sonucunda elde edilen, kendine verimli 15 badem genotipinde yağ oranını %55.17-61.23, oleik asit oranını %66.44-77.46, linoleik asit oranını %13.77-23.65, palmitik asit oranını %5.47-6.65 ve stearik asit oranını %1.37-2.27 arasında belirlemişlerdir. Özcan ve ark. (2011), 5 badem çeşidinin (Ferragnes, Tuono, Guara, Cristomorto, Nonpareil) sahip olduğu oleik asit içeriğinin %72.5 ile %79.9 arasında, linoleik asit içeriğinin %13.5 ile %19.8 arasında ve palmitik asit içeriğinin %5.9 ile %6.7 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kodad et al. (2011a), Fas'ta 46 yerel genotip ile 8 ticari badem çeşidinin meyvelerinde %14.1-33.0 protein, %48.3-65.2 yağ, %5.5-7.9 palmitik asit, %0.4-0.9 palmitoleik asit, %1.3-3.3 stearik asit, %58-82 oleik asit ve %9.7-30 linoleik asit içeriği elde etmişlerdir.

Çizelge 2. Badem genotipleri ve çeşitlerinin yağ asidi bileşimleri (%)

Genotip ve Çeşit	Yağ asidi					
	Palmitik Asit C16:0	Palmitoleik Asit C16:1	Stearik Asit C18:0	Oleik Asit C18:1	Linoleik Asit C18:3	Miristik Asit C14:0
AYD-123	6.06	0.55	2.07	77.09	13.07	0.03
AYD-137	7.46	0.67	1.32	67.56	13.79	0.03
AYD-151	6.18	0.13	1.96	77.97	13.61	0.03
AYD-181	7.05	0.38	1.56	74.14	16.46	0.05
AYD-59	7.25	0.61	2.08	67.53	22.32	0.05
AYD-61	6.30	0.51	2.16	70.78	18.21	0.27
AYD-66	6.92	0.37	1.96	70.53	19.84	0.03
AYD-73	6.87	0.57	1.29	76.10	14.89	0.02
Ferragnes	6.58	0.42	1.94	73.54	16.46	0.03
Teksas	7.37	0.39	2.13	69.15	20.47	0.03

SONUÇ

Aydın ili Yenipazar, Bozdoğan ve Karacasu ilçelerinin merkez ve köylerinde yürütülen seleksiyon çalışması sonucu tespit edilen 8 badem genotipi ile aynı yörede yetiştirilen Teksas ve Ferragnes badem çeşitlerinin bazı kimyasal özellikleri ve yağ asidi bileşimleri incelenmiştir. Bademlerdeki protein, ham yağ ve yağ asidi kompozisyonunun çeşide, genotipe ve ekolojiye göre değiştiği belirtilmiştir (Gradziel et al., 2000; Balta, 2002; Aşkın et al., 2007; Kodad and Socias I Company, 2008; Sathe et al., 2008; Socias I Company et al., 2008).

Bu araştırmada incelenen 8 badem genotipinin protein, yağ ve yağ asidi içerikleri Teksas ve Ferragnes badem çeşitleri ile karşılaştırıldığında bazı genotiplerin çeşitlere göre düşük, buna karşın bazı genotiplerin daha yüksek oranda protein, yağ ve yağ asidi içerdikleri söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahrens S, Venkatachalam M, Mistry AM, Lapsley K, Sahte SK (2005). Almond (*Prunus dulcis* L.) protein quality. *Plant Foods for Human Nutri.*, 60: 123-128.
- Aşkın, M. A, Balta, M. F., Tekintaş, F. E., Kazankaya, A., Balta, F., 2007. Fatty Acid Composition Affected by Kernel Weight in Almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb.] Genetic Resources. *Journal of Food Composition and Analysis* 20 (1): 7-12.
- Ayadi, M., Ghrab, M., Gargouri, K., Elloumi, O., Zribi, F., Ben Mimoun, M., Boulares, C.H., Guedri, W., 2006. Kernel Characteristics of Almond Cultivars Under Rainfed Conditions. *Acta Horticulturae* 726: 377-382.
- Balta, F., Yarılgaç, T., Balta, F., 2001. Fruit Characteristics of Native Almond Selections from The Lake Van Region (Eastern Anatolia, Turkey). *Journal American Pomological Society* 55 (1): 58-61.
- Balta, M.F., 2002. Elazığ Merkez ve Ağın İlçesi Bademlerinin (*Prunus amygdalus* L.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerinde Araştırmalar (doktora tezi, basılmamış), Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van.
- Baydar, H., Marquard, R., Turgut, I. 1999. Pure Line Selection for Improved Yield, Oil Content and Different Fatty Acid Composition of Sesame. *Sesamum indicum*. *Plant Breeding* 188: 462-464.
- Chen, C.Y., Milbury, P. E., Lapsley, K., Blumberg, J. B., 2005. Flavonoids from Almond Skins are Bio available and Act Synergistically with Vitamins C and E to Enhance Hamster and Human LDL Resistance to Oxidation. *Journal of Nutrition* 135(6) 1366-1373.
- Çelik, F., M. F. Balta, I. Javidipour, A. Doğan, 2010. Analysis of Oil Composition of Native Almonds from Turkey. *Asian Journal of Chemistry* 22 (1):818-820.
- Davis P. A, Iwahashi C. K, 2001. Whole Almonds and Almond Fractions Reduce Aberrant CryptFoci in a Rat Model of Colon Carcinogenesis. *Cancer Lett.* 165(1): 27-33.
- Gradziel, T., Mahoney, N., Abdallah, A., 2000. Aflatoxin Production among Almond Genotypes Is Not Related to Either Kernel Oil Composition or *Aspergillus flavus* Growth Rate. *Hort. Science* 35(5):937-939.
- James C. S., 1995. Analytical chemistry of foods. Publisher Blackie Academic and Professional, London, pp. 176.
- Jenkins D. J, Kendall C. W, Marchie A, et. al., 2002. Dose Response of Almonds on Coronary Heart Disease Risk Factors: Blood Lipids, Oxidized Low-Density Lipoproteins, Lipoprotein(A), Homocysteine, and Pulmonary Nitric Oxide: a Randomized, Controlled, Crossover Trial. *Circulation* 106 (11): 1327-32.
- Kacar, B., 1984. Bitki Besleme ve Uygulama Kılavuzu, Ankara 39-46.
- Kodad, O., Socias I Company, R., 2008. Variability of Oil Content and of Major Fatty Acid Composition in Almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and Its Relationship with Kernel Quality. *J. Agric. Food Chem.* 56 (11):096-101.
- Kodad, O, Oukabli, A., Mamouni, A., Socias I Company R., 2011a. Study of the Genetic Diversity of Almond Seedling Populations in Morocco: Application of a Chemometric Approach. *Acta Horticulturae* 912: 449-454.
- Kodad, O., Alonso, J. M., Espiau, M. T., 2011b. Chemometric Characterization of Almond Germplasm: Compositional Aspects Involved in Quality and Breeding. *Journal of The American Society* 130: 273-281.
- Mandalari, G., Tomaino, A., Arcoraci, T., Martorana, M., LoTurco, V., Cacciola, F., Rich, G.T., Bisignano, C., Saija, A., Dugo, P., K.L. Cross, M.L., Parker, K., Waldron W., Wickham, M.S. J., 2010. Characterization of Polyphenols, Lipids and Dietary Fibre from Almond Skins (*Amygdalus communis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 166-174.
- Martins, A. N., Gomes, C., Ferreira, L., 2000. Almond Production and Characteristics in Algarve, Portugal. *Nucis* 9:6-9.
- McManus K, Antinoro L, Sacks F., 2001. A Randomized Controlled Trial of a Moderate-Fat, Low-Energy Diet Compared With a Low Fat, Low-Energy Diet for Weight Loss in Overweight Adults. *Int Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 25: 1503-1511.
- Özcan, M. M., Ünver, A., Erkan, E., Arslan, D., 2011. Characteristics of Some Almond Kernel and Oils. *Scientia Horticulturae* 127 (3) :330-333.

- Sathe, S. K., Seeram, N. P., Ksirsagar, H. H., 2008. Fatty Acid Composition of California Grown Almonds. *Journal of Food Science* 73(9): 607-614.
- Socias I Company R., Kodad O., Alonso J. M., Gradziel T. M., 2008. Almond Quality: A Breeding Perspective. *Horticultural Reviews*, 34:197-238.
- Spiller G. A, Jenkins D. A, Bosello O, Gates J. E, Cragen L. N, Bruce B, 1998. Nuts and Plasma Lipids: an Almond-Based Diet Lowers LDL-C While Preserving HDL-C. *J Am Coll Nutr.* 17 (3): 285-90.
- Torabi A.A., Imani, A. And Rabiei, V. 2011. Oil Content Of Seeds Of 25 Iranian, European and American Almond Genotypes and Cultivars. *Acta Hort.* 912:367-369
- Vargas, F. J., Romero, M. A., Clave, J., Miarnau, X., Alegre, S., 2011. Important Traits in IRTA's New Almond Cultivars. *Acta Hort.* 912: 359-365.
- Yıldırım, N.A., Koyuncu, F., Tekintaş, E., Yıldırım, A.F., 2008. Isparta Bölgesinde Selekte Edilen Badem (*Prunus amygdalus* Batsch.) Genotiplerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Yağ Asitleri Kompozisyonları. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(1): 19-25.

Chemical Composition of Two *Inula* sp. (Asteraceae) Species from Turkey

Ömer KILIÇ¹

ABSTRACT: The essential oil components of aerial parts of *Inula graveolens* Desf. and *Inula oculus-christi* L. was investigated by HS-SPME / GC-MS. Thirty six and thirty seven components were identified representing 96.9% and 97.4% oil, respectively. 1,8-cineole (22.4%), borneol (20.4%) and α -cadinol (11.8%) were detected main compounds of *I. graveolens*. Bornyl acetate (21.3%) *p*-cymene (16.6%) and β -pinene (14.8%) were found major components of *I. oculus-christi*. The results were discussed in terms of natural products, renewable resources and chemotaxonomy.

Key Words: *Inula*, essential oil, 1,8-cineole, borneol

Türkiye’de bulunan iki *Inula* sp. (Asteraceae) Türünün Kimyasal Kompozisyonu

ÖZET: *Inula graveolens* Desf. ve *Inula oculus-christi* L. topraküstü kısımlarının uçucu yağ içerikleri HS-SPME / GC-MS ile araştırıldı. *Inula graveolens* ve *Inula oculus-christi* türlerine ait %96.9 ve %97.4’lük toplam yağ miktarından sırasıyla otuzaltı ve otuzyediyedi bileşen tespit edildi. *I. graveolens*’in ana bileşenleri 1,8-sineol (%22.4), borneol (%20.4) ve α -kadinol (%11.8) olarak tespit edildi. *I. oculus-christi*’nin ana bileşenleri bornil asetat (%21.3) *p*-simen (%16.6) ve β -pinen (%14.8) olarak bulundu. Sonuçlar doğal ürünler, yenilenebilir kaynaklar ve kemotaksonomi açısından tartışıldı.

Anahtar Kelimeler: *Inula*, uçucu yağ, 1,8-sineol, borneol.

¹ Bingöl üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek yüksek Okulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl
Sorumlu yazar/Corresponding Author: omerkilic77@gmail.com

INTRODUCTION

Asteraceae (Compositae) is one of the largest plant family and many genera and species have worldwide distribution comprising many useful plants, so it has been the subject of chemotaxonomical studies (Bremer, 2004) and comprising about 25.000 taxa in the world. Furthermore some Asteraceae taxa has been studied from the botanical (Bremer, 2004) and chemical (Kılıç and Bağcı, 2013; Kılıç, 2013; Kılıç and Bağcı, 2012; Kılıç et al., 2011; Bağcı and Kılıç, 2012) stand points.

The genus *Inula* L., is in the Asteraceae family, mostly perennial herbs or shrubs distributed in Turkey and comprises about 32 taxa (Davis, 1975; Ozhatay and Kultur, 2006). Some *Inula* taxa are used as traditional herbal medicines throughout the world. The roots of *I. hupehensis* Y.Ling have been used to treat many diseases, including bronchitis, diabetes and intestinal ulcers. The characteristic compounds of the *Inula* taxa are sesquiterpenes and monoterpenes (Bokadia et al., 2005). Further phytochemical studies of *Inula* sp. are needed to support classification efforts, which nowadays are based mainly on morphological traits. In some *Inula* species, such as *I. britannica* L., *I. salicina* L., *I. bifrons* L., *I. conyza* DC. and *I. spiraeifolia* L. thymol derivatives are the major root constituents of cited species (Bohlmann et al., 1978). Recently, much attention has been paid to thymol derivatives, because of their diverse biological and antibacterial activities (Stojakowska et al., 2005). The usefulness of thymol derivatives as insecticides and transdermal drug delivery enhancers has also been reported (Wagner et al., 2004).

The essential oil of *Inula* is known as the most effective oil for loosening, deep congestion, coughs,

colds, sinusitis laryngitis and bronchitis; moreover it supports lymphatic circulation as well as the immune system, it also reduces acneic skin inflammation (Oshadi, 2005). Besides several *Inula* species have been used in various treatments: for calculus, for eye, as diuretic, position and sudorific. The species of *Inula* genus are lack detailed phytochemical investigation. Several studies on the chemical composition of the essential oil of *Inula* species have been reported; *I. viscosa* (L.) Aiton. from Turkey (Perez-Alonso et al., 1998), *I. viscosa* (L.) Aiton from Italian (De laurentis et al., 2002) and *I. macrocephala* Boiss. & Kotschy ex Boiss. from Turkey (Kılıç and Bağcı, 2013).

The aim of present study is to examine the chemical composition of the essential oils isolated from aerial parts of *I. graveolens* and *I. oculus-christi* from eastern part of Turkey by HS-SPME / GC-MS; and to evaluate the chemical data that might be helpful in potential usefulness and chemotaxonomy of these plants.

MATERIALS AND METHODS

Plant materials

Inula graveolens was collected from Bingol University Campus, Bingol / Turkey, on 23.09.2012, at an altitude of 1150-1200 m., by Omer Kılıç (4816). *I. oculus-christi* was collected from vicinity of Dikme village, Bingol / Turkey, on 24.06.2013, at an altitude of 1600-1650 m., by Omer Kılıç (5318). *I. graveolens* and *I. oculus-christi* General view of *I. graveolens* and *I. oculus-christi* are seen in Figure 1.



Inula graveolens



Inula oculus-christi

Figure 1. General view of herbarium samples of *Inula graveolens* and *Inula oculus-christi*

HS-SPME Procedure

The extraction of dried aerial part powder of five grams plant samples were carried out by a (HS-SPME) head space solid phase microextraction method using a divinyl benzene / carboxen / polydimethylsiloxane fiber, with 50/30 μm film thickness; before the analysis the fiber was conditioned in the injection port of the gas chromatography (GC) as indicated by the manufacturer. For each sample, 5 g of plant samples, previously homogenized, were weighed into a 40 ml vial; the vial was equipped with a "mininert" valve. The vial was kept at 35°C with continuous internal stirring and the sample was left to equilibrate for 30 min; then, the SPME fiber was exposed for 40 min to the headspace while maintaining the sample at 35°C. After sampling, the SPME fiber was introduced into the GC injector, and was left for 3 min to allow the analytes thermal desorption. In order to optimize the technique, the effects of various parameters, such as sample volume, sample headspace volume, sample heating temperature and extraction time were studied on the extraction efficiency as previously reported by Verzera et al., (2004).

GC-MS Analysis

A Varian 3800 gas chromatograph directly interfaced with a Varian 2000 ion trap mass spectrometer was used with injector temperature, 260°C; injection mode, splitless; column, 60 m, CP-Wax 52 CB 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness. The oven temperature was programmed as follows: 45°C held for 5 min, then increased to 80°C at a rate of 10°C/min, and to 240°C. at 2°C/min. The carrier gas was helium, used at a constant pressure of 10 psi; the transfer line temperature, 250°C; the ionisation mode, electron impact (EI); acquisition ion range, 40 to 200 m/z; scan rate, 1 us-1. The compounds were identified using the NIST library, mass spectral library and verified by the retention indices which were calculated as described by Van den Dool and Kratz (1963). The relative amounts were calculated on the basis of peak-area ratios. The identified constituents of *Inula* species are listed in Table-1.

RESULTS AND DISCUSSION

The essential oil components of aerial parts of *Inula graveolens* and *Inula oculus-christi* was investigated by HS-SPME / GC-MS. Thirty six and thirty seven components were identified representing 96.9% and 97.4% oil, respectively. 1,8-cineole (22.4%), borneol (20.4%) and α -cadinol (11.8%) were determined main

compounds of *I. graveolens*. Bornyl acetate (21.3%) *p*-cymene (16.6%) and β -pinene (14.8%) were detected main constituents of *I. oculus-christi* (Table-1).

RRI*: Relative Retention Index.

The most important compounds leaves-stems-flowers and roots of *I. graveolens* from Tunisia, without flowers were τ -cadinol (9.2%), borneol (21.4%), bornyl acetate (33.4%); in the flowers oil, the main components found were camphene (5.5%), τ -cadinol (11.3%), borneol (19.3%), bornyl acetate (39.6%); the major constituents in the oil roots were found to be carvone (5.0%), bornyl acetate (5.3%), *p*-mentha-1(7)-2-dien-8-ol (5.3%), β -selinene (11.5%) (Harzallah-Skhiri et al., 2005). The main constituents of *Inula graveolens* (L.) Desf. from Corsica were bornyl acetate (56.8%), borneol (7.6%) and τ -cadinol (7.8%); bornyl acetate and borneol were always two major compounds of six different stages of *I. graveolens*; furthermore to determine the chemical variability of *I. graveolens*, 22 samples were analysed, obtained from several plants collected in a restricted area in different localities during the flowering stage. Bornyl acetate (43.1%–73.1%) and borneol (3.7%–32.2%) were the main compounds for 20 samples. The twenty-first sample exhibited borneol (41.9%) and bornyl acetate (16.6%) as the major components, while the composition of twenty-second was typical (borneol 41.9% and τ -cadinol 23.8%) (Blanc et al., 2004). Like these results bornyl acetate (8.9%–21.3%) was detected the main compounds of *I. macrocephala* (Kılıç and Bağcı, 2013) and in this study with *I. oculus-christi* (Table-1) respectively. Borneol (20.4%) was detected the main compounds *I. graveolens* (Table-1). Borneol (3.72%–3.26%) was also among the main components of *Anthemis pseudocotula* and *A. cretica* subsp. *pontica* (Asteraceae) from Turkey (Kılıç et al., 2011). $p\beta$ -pinene (14.8%) *I. oculus-christi*; 1,8-cineole (22.4%) and α -cadinol (11.8%) in *I. graveolens* were detected as major components (Table-1).

The major components of *I. crithmoides* L. from central Italy were; *p*-cymene (30.1%), 1-methylethyl-trimethylbenzene (18.7%), scopoletin (15.3%) and α -pinene (13.1%) (Laura et al., 2010). Like this study, *p*-cymene (10.2%–16.6%) was detected one of the major component of *I. macrocephala* (Kılıç and Bağcı, 2013) and *I. oculus-christi* (Table-1). Among the sesquiterpenes, β -caryophyllene (15.3%) was determined as one of the major constituents of *I. macrocephala* (Kılıç and Bağcı, 2013); it is noteworthy that, β -caryophyllene (1.9%–0.6%) was reported low amounts in this study with *I. graveolens* and *I. oculus-*

Table I. Chemical profiles of *Inula* species (%)

Constituents	RRI*	<i>I. graveolens</i>	<i>I. oculus-christi</i>
2-Hexenal	855	0.4	0.5
α -pinene	935	2.3	1.8
Benzaldehyde	962	-	0.3
Sabinene	977	1.2	-
β -pinene	982	3.6	14.8
Myrcene	994	-	0.4
Santolinatriene	1001	0.2	-
α -phellandrene	1006	0.4	0.3
α -thujene	1015	0.3	0.5
<i>p</i> -cymene	1024	3.5	16.6
Limonene	1031	0.5	1.2
Camphene	1034	4.6	2.1
1,8-cineole	1035	22.4	5.3
γ -terpinene	1055	0.6	0.9
Benzene, 1- methyl - 2	1069	0.2	-
Terpinolene	1085	-	1.2
Linalool	1101	0.3	-
<i>Trans</i> -pinocarveole	1165	-	0.7
α -terpineol	1180	1.5	2.3
Camphor	1190	0.4	0.2
2-Cyclohexan-1-ol	1205	-	0.1
Thymol methyl oxide	1230	0.4	0.2
Thymol	1290	1.8	5.2
α -cubebene	1350	-	0.2
β -elemene	1360	0.6	0.3
α -copaene	1375	0.4	-
β -bourbonene	1385	-	0.1
β -cubebene	1390	0.1	-
β -caryophyllene	1418	1.9	0.6
α -humulene	1455	-	1.1
δ -cadinene	1460	0.6	-
γ -muurolene	1475	1.3	2.2
Bornylacetate	1478	5.3	21.3
Germacrene D	1480	-	0.9
β -selinene	1488	0.9	-
Bicyclogermacrene	1496	-	0.2
β -caryophyllene	1502	4.8	3.9
α -muurolene	1520	0.4	-
Spathulenol	1575	1.6	1.5
Borneol	1577	20.4	2.7
Caryophyllene oxide	1580	-	0.8
Ledol	1605	1.3	0.2
α -cadinol	1640	11.8	5.1
β -eudesmol	1650	0.1	-
Hexadecanoic acid	1690	-	0.5
Pentadecanal	1710	0.2	-
Nonadecane	1905	-	0.3
Tricosane	2295	-	0.6
Pentacosane	2495	0.2	0.3
Hexacosane	2600	0.4	-
Total		96.9	97.4

christi (Table-1). Pentacosane (13.7%) was determined main constituent of the volatile oil of *I. oculus-christi* (Javidnia et al., 2006), whereas pentacosane (2.1%) was determined the minor compound of *I. macrocephala* (Kılıç and Bağcı, 2013); *I. graveolens* (0.2%) and *I. oculus-christi* (0.3%) (Table-1).

The findings showed that the genus *Inula* had a considerable variation in essential oil composition and

this study demonstrates the occurrence of the 1,8-cineole / borneol / α -cadinol chemotype in *I. graveolens*; bornylacetate / *p*-cymene / β -pinene chemotype in *I. oculus-christi*.

Moreover this result is significant to chemotaxonomic evaluation and renewable resources of the genus patterns.

REFERENCES

- Bağcı, E., Kılıç, O., 2012. Chemical Composition of Essential Oil of *Senecio vernalis* Waldst. Et Kit. (Asteraceae) from Turkey. *Journal Essential oil Bearing Plants*, 15: 399-404.
- Blanc, M.C., Muselli, A., Bradesi, P., Casanova, J., 2004. Chemical composition and variability of the essential oil of *Inula graveolens* from Corsica. *Flavour and Fragrance Journal*, 19: 314-319.
- Bohlmann, F., Mahanta, PK., Jakupovic, J., Rastogi, RC., Natu, A.A., 1978. New sesquiterpene lactones from *Inula* species. *Phytochemistry*, 17: 1165-1172.
- Bokadia, M.M., MacLeod, A.J., Mehta, S.C., B.K. Mehta., Patel, H., 1986. The essential oil of *Inula racemosa*. *Phytochemistry*, 25: 2887-2888.
- Davis, P.H., 1975. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Un. Press, Edinburgh, 5: 193.
- De laurentis, N., Losacco, V., Milillo, M.A., O, Lai., 2002. Chemical investigations of volatile constituents of *Inula viscosa* (L.) Aiton from different areas of Apulia, Southern Italy. *Delpinoa*, 44: 115-119.
- Harzallah-Skhirri, F., Cheraif, I., Ben Jannet, H., Hammami, M., 2005. Chemical composition of essential oils from leaves-stems-flowers and roots of *Inula graveolens* from Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8: 249-254.
- Javidnia, K., Banani, A., Miri, R., Kamalinejad, M., Javidnia, A., 2006. Constituents of the Volatile Oil of *Inula oculus-christi* L. from Iran. *Journal Essential Oil Research*, 18: 676-678.
- Kılıç, O., 2013. Essential oil compounds of three *Centaurea* L. taxa from Turkey and their chemotaxonomy. *Journal Medicinal Plant Research*, 7: 1344-1350.
- Kılıç, O., Bağcı, E., 2012. Chemical Composition of Essential Oil of *Tripleurospermum parviflorum* (Willd.) Pobed (Asteraceae) from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 24: 1319-1321.
- Kılıç, O., Bağcı, E., 2013. Chemical Composition of Endemic *Inula macrocephala* Boiss. and Kotschy ex Boiss. from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 25: 7952-7954.
- Kılıç, O., Kocak, A., Bağcı, E., 2011. Composition of the Volatile Oils of Two *Anthemis* L. taxa from Turkey, *ZnC.*, 66: 535-540.
- Laura, G., Anahi, B., Daniele, F., 2010. *Natural Product Compounds*, 5: 315-318.
- Oshadi, USA., 2005. Authentic and genuine aromateraphy essential oils and products. <http://www.Oshadiusa.com/index.php>.
- Ozhatay N., Kultur, Ş., 2006. Check-list of add. taxa to the supp. Flora of Turkey III. *Turkish Journal of Botany*, 30, 281-316.
- Perez-Alonso, MJ., Velasco-Negueruela, A., M. Emin, D., Harmandar M., María Concepción García V., 1998. Composition of the Volatile Oil from the Aerial Parts of *Inula viscosa* (L.) Aiton. *Flavour and Fragrance Journal*, 11: 349-351.
- Stojakowska, A., Kedzia, B., Kisiel, W., 2005. Antimicrobial activity of 10-isobutyryloxy-8,9-epoxythymol isobutyrate. *Fitoterapia*, 76: 687-690.
- Van Den Dool, H. and Kratz, PD. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal Chromatography*, 11: 463-471.
- Verzera, A., Zino, M., Conurso, C., Romeo, V. and Zappala, M. 2004. Solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry for the rapid characterisation of semi-hard cheeses. *Anal. Bioanal. Chemistry*, 380: 930-936.
- Wagner, S., Suter, A., Merfort, I., 2004. Skin penetration Studies of Arnica Preparations and of their Sesquiterpene Lactones. *Planta Medica*, 70: 897-90.

Bazı Kayısı Çeşitlerinin Bingöl Bölgesindeki Gelişim Durumlarının Belirlenmesi

Abdullah OSMANOĞLU¹, Tuncay KAYA², Barış DEMİRHAN¹

ÖZET: Bu araştırma 2011-2012 yıllarında, Bingöl ekolojik şartlarında yetiştirilen bazı kurutmalık kayısı çeşitlerinin generatif ve vejetatif gelişim durumlarını belirlemek üzere yürütülmüştür. Denemede Zaza, Çataloğlu, Kabaası ve Hacihaliloğlu çeşitleri kullanılmıştır. İnceleme sonucunda; yeni sürgün boyu 155.60 cm ile 52.40 cm, yeni sürgün çapı 12.48 mm ile 4.32 mm, gövde çapı 54.22 mm ile 12.18 mm arasında gelişim göstermiştir. Çiçeklenme başlangıcı ve çiçeklenme sonu en erken Zaza çeşidinde, en geç Hacihaliloğlu çeşidinde görülmüştür. Bu bulgular ışığında Bingöl yöresinin kayısı üretim deseni içerisinde yer alabilecek imkanlara sahip olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bingöl, kayısı, generatif gelişme, vejetatif gelişme



Determination of Plant Growing of Some Apricot Cultivars in Bingöl Region

ABSTRACT: This study was carried out to determine vegetative and generative growth of apricot cultivars Zaza, Çataloğlu, Kabaası and Hacihaliloğlu in Bingöl conditions between 2011 and 2012. In the present study, ranges for the new shoot length 52.40 cm and 155.60 cm, new shoot diameter 4.32 mm and 12.48 mm and trunk diameter 12.18 mm and 54.22 mm were obtained. The first flowering and end of flowering in the earliest Zaza varieties, in the latest Hacihaliloğlu varieties was seen. It was evaluated that Bingöl region have a potency of apricot production.

Keywords: Bingöl, apricot, generative growth, vegetative growth

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

² İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İğdır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: tuncay.kaya@igdir.edu.tr

GİRİŞ

Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) anavatanının Çin'e kadar uzandığı ve Anadolu topraklarına girişinin iki bin yıldan fazla bir geçmişi olduğu bilinmektedir (Eriş ve Barut, 2000; Gülcan, 2001; Özçağırın ve ark., 2004). Ayrıca Anadolu'nun pek çok meyve türü ile birlikte kayısının da anavatanı durumunda olduğu bildirilmiştir (Janick ve Moore, 1975; Bostan, 1994).

Dünya kayısı üretimi bakımından Türkiye, yaklaşık 676 000 ton üretim ile İran, Özbekistan ve İtalya'nın önünde ilk sırayı almıştır (Anonim, 2011). Bingöl ilinde ise; 500 da alanda 423 ton üretim yapılabilmektedir (Anonim, 2013a).

Ülkemizde kayısı ve zerdali yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmakla birlikte ekonomik olarak yetiştiriciliği bazı bölgelerimizde yoğunlaşmıştır. Malatya bölgesi, Elazığ-Erzincan-Sivas bölgesi, Akdeniz bölgesi, Kars-Iğdır bölgesi, Ege bölgesi, İç Anadolu bölgesi ve Marmara bölgesinde farklı yoğunluk ve çeşit deseninde üretim yapılmakla birlikte toplam üretimin yarısından fazlasını Malatya bölgesi karşılamaktadır (Asma, 2000; Asma ve Kan, 2001; Durmuş ve Yiğit, 2003; Ercişli, 2004).

Ilıman iklim meyve türleri arasında bulunan kayısının bazı çeşit ve tipleri subtropik iklim koşullarında bile yetiştirilebilmektedir. Böylece meyveler çok erken zamanda olgunlaşarak turfanda meyvecilik yönünden de önem kazanmaktadır (Kaşka ve ark., 1982). Ülkemizin Mersin ilinde yıllık kayısı üretimi yaklaşık 47000 ton olarak bildirilmiştir (Anonim, 2013a). En uygun ilkim özelliğine sahip olan yerler ise kışları nispeten soğuk yazları sıcak geçen yerlerdir. Yaz ayında hava nispi neminin de düşük olması istenir (Özbek, 1978). Hacıhaliloğlu ile Kabaaşı ise en önemli kurutmalık kayısı çeşitlerimiz olarak karşımıza çıkmaktadır (Asma ve Akça, 1996; Batmaz, 2005).

Kayısı çeşitlerinin ciddi ekolojik adaptasyon sorunu olduğu ve kayısılarda ıslah amaçlarından birisinin de çeşitlerin farklı ekolojilere uyumunu sağlamak suretiyle hasat zamanlarını uzatmak ve pazara çok daha geniş bir zaman dilimi içinde ürün sunabilmek olduğu vurgulanmıştır (Mehlenbacher et al., 1991). Bu bakımdan ülkemizin farklı ekolojilerinin yetiştiricilik açısından potansiyelinin belirlenmesi yararlı olacaktır.

Nitekim bu paralelde yapılacak araştırmalar çeşitlerin pazarlarda daha uzun süreli kalma şansını artıracaktır (Yarılgaç ve Kazankaya, 2002).

Bu çalışma ile kurutmalık kayısı üretiminin tamamına yakın kısmının gerçekleştiği Malatya bölgesinde en fazla yetiştirilen kayısı çeşitlerinin, Bingöl ekolojik şartlarındaki vejetatif ve generatif gelişim durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, 2011-2012 yılları arasında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama bahçesinde yürütülmüştür. Araştırmada Çataloğlu, Kabaaşı, Hacıhaliloğlu ve Zaza çeşitleri kullanılmıştır. Bahçede kültürel işlemlere düzenli olarak devam edilmiştir. Ağaçlar damlama sulama sistemi ile sulanmıştır. Fidan dikimi, sıra arası 4 metre ve sıra üzeri 4 metre olacak şekilde yapılmıştır.

Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak planlanmış ve yürütülmüştür. Her bir fidan bir tekerrür olacak şekilde 4 çeşit ve 20 fidandan alınan iki yıllık ortalama veriler değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde JMP istatistik programı ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır.

Vejetatif gelişme parametreleri Ertürk ve Güteryüz (2008)'den uyarlanan metoda göre belirlenmiştir. Buna göre ağaç gövde boyu; kök boğazı bölgesinin 5 cm üzerinden ilk dallanmanın başladığı yere kadar olan kısımdan henüz tomurcuk patlamadan önce ölçülmüştür. Gövde çapı; gövde boyunun yarısından yaz boyunca yedi kez ölçülmüştür. Gelişimi takip edilmek üzere yeni sürgünü oluşturacak dal rastgele belirlenip spreyl boya ile işaretlenmiştir. Her ağaçta bu yöntemle işaretlenen dalın çapı; gövdeye bağlandığı yerden itibaren 5 cm üzerinden olmak üzere yaz boyunca yedi kez ölçülmüştür. Bu seçilen dalın tepe tomurcuğunun sürmesiyle oluşan yeni sürgünde ise aynı yöntemle çap ve boy ölçümü yapılmıştır. Gövde çapı, seçilen dal çapı ve çıkan sürgün çapı ölçümlerinde 0.01 mm duyarlıklı kumpas, ağaç boyu ölçümünde mira, diğer ölçümlerde ise çelik şerit metre kullanılmıştır. Başlangıç ölçümleri tomurcuk patlamasından önce tek seferde tamamlanmış, sonraki ölçümler ise çiçeklenme sonunu takiben 2011 yılında 1 Mayıs ve 2012 yılında 1 Haziran

tarihlerinde başlatılarak 15 günlük aralıklarla 7 kez tekrarlanmıştır.

Generatif gelişme evreleri; tomurcuk patlaması (çiçek tomurcuklarının koyu kahverengi pulları sarı yeşil renge dönüşerek hafifçe şişmeye başladığı dönem), çiçeklenme başlangıcı (çiçeklerin %5'inin açtığı dönem), tam çiçeklenme (çiçeklerin %70-75'inin açtığı dönem) ve çiçeklenme sonu (taç yaprakların %95'inin döküldüğü dönem) olarak belirlenmiştir (Ertürk ve Güler, 2008).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Generatif Gelişme

Yörede 2012 yılında özellikle Ocak-Mart ayları arasında günlük sıcaklıkların 2011 yılına göre daha düşük olmasından dolayı iki yıl arasındaki çiçeklenme zamanı önemli oranda değişmiştir (Çizelge 1). Uzun yıllar iklim ortalamalarına bakıldığında da 2011 yılının ekstrem bir karakter sergilediği ve nispeten daha ılıman bir kış ve bahar mevsimi yaşandığı göze çarpmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 1. 2011 ve 2012 yıllarına ait meteorolojik veriler, (Anonim, 2013b)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
2011	Max.Sıcaklık Ort.	5.2	5.3	11.9	15.7	21.5	28.9	34.4	34.2	29.1	20.8	7.7	5.4
	Min. Sıcaklık Ort.	-3.1	-3.1	1.0	6.1	9.7	14.2	19.6	19.6	14.7	7.2	-1.4	-4.2
	Max. Sıcaklık	8.8	9.6	19.5	25.6	28.5	33.3	39.5	38.5	33.2	29.3	15.6	8.8
	Min. Sıcaklık	-7.2	-10.1	-5.4	-2.7	5.4	10.0	14.9	15.2	9.8	1.8	-8.0	-8.9
	Sıcaklık Ort.	0.5	0.7	5.7	10.3	15.2	21.8	26.9	27.0	21.4	13.3	2.4	-0.1
	Ort. Nem	69.1	69.7	53.8	68.1	59.9	42.7	31.2	27.9	35.8	45.8	60.6	66.4
	Güneşlenme Süresi	4.12	4.17	5.33	3.52	5.51	8.52	8.18	9.10	7.49	6.53	5.01	4.31
2012	Max. Sıcaklık Ort.	1.7	1.0	4.5	18.5	23.7	30.9	34.1	35.1	30.8	22.3	15.0	
	Min. Sıcaklık Ort.	-4.2	-8.5	-4.2	6.2	11.2	17.0	20.3	19.8	15.1	10.3	5.0	
	Max. Sıcaklık	7.9	7.0	10.2	25.6	28.2	36.3	39.2	37.7	34.3	32.1	19.1	
	Min. Sıcaklık	-14.5	-16.0	-11	0.5	8.0	10.5	13.4	16.1	11.4	5.4	-0.7	
	Sıcaklık Ort.	-1.6	-4.3	-0.3	11.9	16.9	24.7	27.6	27.2	22.6	16.3	9.4	
	Ort. Nem	81.6	69.7	66.5	55.6	56.5	33.1	27.4	26.8	29.3	52.3	69.7	
	Güneşlenme Süresi	1.81	5.03	4.74	6.47	6.29	9.33	9.17	9.33	8.33	6.30	4.07	

Çizelge 2. Uzun yıllar ortalaması meteorolojik veriler (Anonim, 2013b)

Bingöl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970 - 2011)												
Sıcaklık (°C)	-2.7	-1.5	4.0	10.7	16.2	22.0	26.7	26.3	21.1	14.0	6.4	0.2
En Yük Sic (°C)	1.9	3.3	9.2	16.4	22.7	29.3	34.6	34.6	29.8	21.5	12.1	4.7
En Düş Sic (°C)	-6.3	-5.2	-0.3	5.7	10.0	14.6	19.0	18.5	13.6	8.2	2.0	-3.2
Güneşli Süresi (saat)	3.3	4.2	5.0	5.3	7.3	9.4	9.6	9.3	8.3	6.2	4.3	3.0
Yağışlı Gün Sayısı	12.2	12.5	13.8	15.4	14.0	5.9	1.9	1.6	2.5	8.5	9.4	12.2
Aylık T. Yağ. M. (kg m ²)	124.3	138.6	128.7	124.2	75.4	22.4	5.8	4.0	10.2	65.7	109.1	129.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)												
En Yük. Sıcaklık (°C)	13.3	16.2	22.3	30.3	33.4	38.0	42.0	41.3	37.8	32.0	23.0	22.8
En Düş. Sıcaklık (°C)	-23.2	-21.6	-20.3	-7.2	1.0	5.8	8.8	9.2	4.2	-2.4	-15.0	-25.1

Her iki deneme yılının ortak verilerine göre çeşitlerin çiçeklenme dönemleri Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre iki vejetasyon yılının çiçeklenme dönemleri arasında 4-5 haftalık bir fark bulunmaktadır. Bunun yanında 2012 yılı çiçeklenme takvimi bölgenin olağan karasal iklim koşullarına daha yakın değerlendirilmiştir. Nitekim Van Gölü çevresinde tomurcuk patlamasının genotiplere göre değişmekle birlikte Nisan ayının ilk 10 günü içerisinde başladığı, Mayıs ayının ilk haftasında ise çiçeklenme sonuna ulaşıldığı bildirilmiştir (Balta ve ark., 2002). Asma ve Akça (1995), Malatya ilindeki

dört farklı ekolojik bölgede Hacıhaliloğlu, Kabaası, Soğancı ve Hasanbey çeşitlerini takip etmişlerdir. Tam çiçeklenmenin Merkezde 25-28 Mart, Battalgazi bölgesinde 19-25 Mart, Kale bölgesinde 17-19 Mart, Darende Bölgesinde ise 4-6 Nisan tarihleri arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Özyörük ve Gülyüz (1992), Iğdır ovasında Şalak, Tebereze, Ağçerik, Ordubat ve Ağcanabat kayısı çeşitlerinde yaptıkları araştırmada, tam çiçeklenmenin 31 Mart (Ağçerik) - 6 Nisan (Ağcanabat) tarihleri arasında olduğunu, çiçeklenmenin ise 8-12 gün sürdüğünü tespit etmişlerdir.

Çizelge 3. Kayısı çeşitlerinin çiçeklenme dönemleri

Yıl	Çeşit	Tomurcuk Patlaması	Çiçeklenme Başlangıcı	Tam Çiçeklenme	Çiçeklenme Sonu
2011	Zaza	10-11 Mart	14-18 Mart	20-23 Mart	24-27 Mart
	Çataloğlu	12-14 Mart	15-17 Mart	19-22 Mart	23-26 Mart
	Kabaası	10-15 Mart	16-20 Mart	19-24 Mart	27 Mart
	Hacıhaliloğlu	11-15 Mart	15-18 Mart	20-24 Mart	24-28 Mart
2012	Zaza	19-21 Nisan	22-24 Nisan	28 Nisan	30 Nisan-2 Mayıs
	Çataloğlu	21-23 Nisan	26-28 Nisan	30 Nisan-2 Mayıs	3-7 Mayıs
	Kabaası	22-23 Nisan	25-30 Nisan	29 Nisan-5 Mayıs	3-11 Mayıs
	Hacıhaliloğlu	22-23 Nisan	25-30 Nisan	30 Nisan-5 Mayıs	4-11 Mayıs

Önceki çalışmalar incelendiğinde Bingöl yöresi kayısılarının Malatya yöresi kayısılarına göre daha geç çiçeklendiği görülmüştür.

Ayrıca her iki deneme yılında da ilkbahar son donlarından zarar görülmediği izlenmiştir.

Bu veriler ışığında; bölgenin iklim yapısının kayısı üretimine imkan sağlayabilecek karakter taşıdığı ortaya çıkmaktadır.

Vejetatif Gelişme

Deneme alanından alınan toprak numunesi analiz sonuçlarına göre toprak yapısı killi-tınlı, pH değeri 7.48, kireç miktarı %4.548, organik madde miktarı %2.41, azot oranı %0.12, fosfor miktarı 4.61 kg da⁻¹ ve potasyum miktarı 37.4 kg da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen başlangıç değerleri Çizelge 4'te, çiçeklenme sonunu takiben 105 gün sonunda alınan nihai gelişim değerleri ise Çizelge 5'te iki yıl ortalaması olarak verilmiştir.

Çizelge 4. Vejetasyon başında çeşitlerden alınan bazı fiziksel özelliklere ait ortalama değerler

Çeşit	AB (cm)	GU (cm)	GÇ (mm)	SDU (cm)	SDÇ (mm)
Zaza	172.00 a	73.44 a	31.76 a	23.70 a	7.30 a
Çataloğlu	107.60 b	50.00 b	6.90 b	21.42 a	2.44 b
Kabaaşı	98.20 b	61.00 ab	5.52 b	16.50 a	2.28 b
Hacıhaliloğlu	121.40 b	62.60 ab	6.80 b	24.80 a	3.40 b
Ortalama	124.80	61.76	12.75	21.61	3.86
F değeri	4.25*	1.75 ns	142.38**	0.81 ns	6.52**

AB: Ağaç Boyu; GU: Gövde Uzunluğu; GÇ: Gövde Çapı; SDU: Seçilen Dal Uzunluğu; SDÇ: Seçilen Dal Çapı
*P≤0.05; **P≤0.01; ns: Önemsiz

Çizelge 5. Vejetasyon sonunda çeşitlerden alınan bazı fiziksel özelliklere ait ortalama değerler

Çeşit	GÇ (mm)	SDÇ (mm)	YSB (cm)	YŞÇ (mm)
Zaza	54.22 a	16.26 a	155.60 a	12.48 a
Çataloğlu	14.56 bc	7.56 b	57.40 b	4.80 b
Kabaaşı	12.18 c	6.14 b	30.22 b	4.32 b
Hacıhaliloğlu	16.84 b	6.96 b	52.40 b	4.54 b
Ortalama	24.45	9.23	73.91	6.54
F değeri	273.83**	3.87*	4.93*	6.36**

GÇ: Gövde Çapı; SDÇ: Seçilen Dal Çapı; YSB: Yeni Sürgün Boyu; YŞÇ: Yeni Sürgün Çapı
*P≤0.05; **P≤0.01; ns: Önemsiz

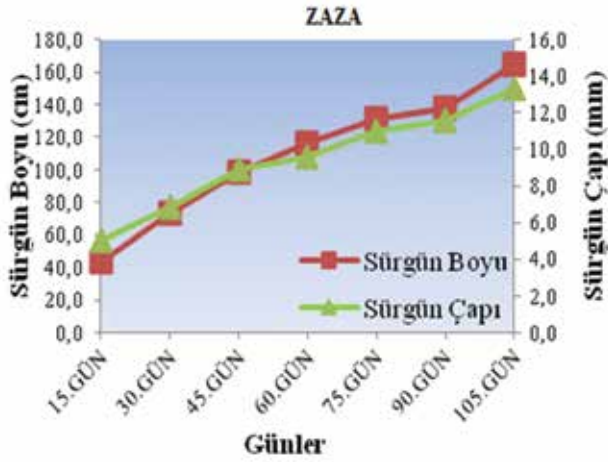
Çeşitler arasında başlangıç ağaç boyu, gövde çapı ve seçilen dal çapı değerleri bakımından önemli düzeyde fark görülürken, başlangıç gövde uzunluğu ve seçilen dal uzunluğu değerleri bakımından anlamlı düzeyde fark görülmemiştir (Çizelge 4). Vejetasyon sonunda alınan tüm değerler bakımından ise çeşitler arasında önemli düzeyde farklılık olduğu gözlenmiştir (Çizelge 5). Zaza çeşidi diğer üç çeşide göre başlangıç ve nihai vejetatif gelişim sonuçları açısından en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Yeni sürgün boyu dikkate alındığında Zaza çeşidi 155.60 cm ortalama ile ilk sırada gelirken, Kabaaşı çeşidi 30.22 cm ortalama ile en zayıf gelişmeyi temsil etmiştir. Yeni sürgün çapı ise Zaza çeşidinde 12.48 mm olurken, Kabaaşı çeşidinde 4.32 mm olmuştur. Erzinan'da yürütülen bir çalışmada 3 yaşlı kayısı fidanlarının ortalama sürgün boyu 17.00 cm ile 54.00 cm arasında, sürgün kalınlığı ise 20.75 mm

ile 32.75 mm arasında değişmiştir (Ertürk ve Güleriyüz, 2008). Van ilinde yürütülen bir çalışmada 6 yaşlı kayısı fidanlarında gövde çapı gelişimi 4.91 cm ile 6.40 cm arasında bulunmuştur (Yarılgaç ve Kazankaya, 2002). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde; Zaza çeşidinin çok güçlü gelişme gösterdiği, kurutmalık değeri yüksek olan Hacıhaliloğlu çeşidinin ise diğer bölgelere benzer düzeylerde vejetatif gelişme kaydettiği görülmüştür.

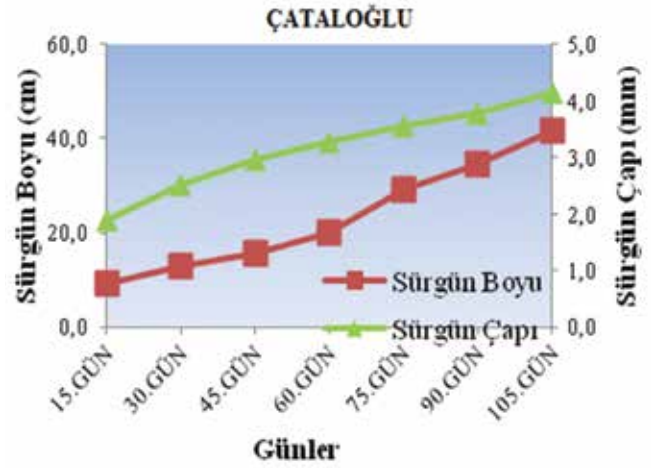
Vejetasyon dönemi içerisinde alınan 7 ölçüm sonucuna göre çeşitlerin sürgün boyu ve sürgün çapı gelişim eğrileri elde edilmiştir. Buna göre Zaza çeşidinde en hızlı gelişim aralığı tam çiçeklenmeden itibaren onbeş ile otuzuncu günler arasında yani ilk kırk beş gün, tüm vejetasyon dönemi içerisindeki büyümenin yarısından fazlasının gerçekleştiği dönem olmuştur. Sürgün çapı gelişimi sürgün boyu

gelişim hızına göre paralel bir seyir izlemiş ve vejetasyon dönemi sonuna doğru ikinci bir gelişim periyodu göstermiştir (Şekil 1). Çataloğlu çeşidinde yeni sürgün boyu ve çapı gelişimindeki en hızlı değişimin altmış ile yetmiş beşinci günler arasındaki dönemde gerçekleştiği belirlenmiştir. Çataloğlu çeşidinde vejetasyon dönemi başlangıcında yavaş bir

gelişme görülmesine rağmen devamındaki dönemde gelişme hızı artmış ve dönemin sonuna kadar bu hız sürdürülmüştür. Sürgün boyunda başlangıçta yavaş olan büyümenin aksine sürgün çapı gelişimi daha düzenli olmuştur. Zaza çeşidinde olduğunun aksine Çataloğlu çeşidinde sürgünde boy uzaması yerine çaptaki gelişim daha hızlı olmuştur (Şekil 2).



Şekil 1. Zaza çeşidinin sürgün gelişimi



Şekil 2. Çataloğlu çeşidinin sürgün gelişimi

Kabaaşı çeşidinde ilk kırk beş gün içerisinde sürgün boyu ve çapında yavaş bir gelişim olduğu, sonraki dönemde artmaya başladığı ve doksan ile yüz beşinci günde belirgin bir fark oluşturarak vejetasyon dönemini tamamladığı belirlenmiştir

(Şekil 3). Hacıhaliloğlu çeşidinde ise sürgün boyu ve çapı bakımından en iyi gelişimin ilk olarak altmış ile yetmiş beşinci günlerde ve sonrasında doksan ile yüz beşinci günlerde olmak üzere iki periyotta gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Kabaaşı çeşidinin sürgün gelişimi



Şekil 4. Hacıhaliloğlu çeşidinin sürgün gelişimi

Erzincan'da yapılan bir çalışmada zerdali çöğürlerinin üç dönemde gelişimlerini tamamladıkları, gelişme dönemlerine göre çöğürlerin durumu incelendiğinde toplam çöğür uzunluğunun %42.38'inin 1. büyüme döneminde, %44.06'sının 2. büyüme döneminde ve %13.55'inin 3. büyüme döneminde meydana geldiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada sert çekirdekli meyve çöğürlerinin aynı yılın sonunda aşı yapılabilecek büyüklüğe ulaştığı ancak yumuşak çekirdekli meyve çöğürlerinin aynı performansı göstermediği de kaydedilmiştir (Bolat, 1994). Van ekolojik koşullarında yürütülen bir çalışmada ise kayısı çöğürlerinde vejetasyon periyodu içerisinde 3 gelişim safhasının bulunduğu, çöğür gelişim hızının en fazla 1. ve 2. dönemlerinde meydana geldiği ve büyümenin Eylül ayı başından itibaren giderek azaldığı saptanmıştır (Tekintaş ve ark., 1991).

SONUÇ

Bingöl yöresinde yetiştirilen kayısıların genel gelişim sürecinde herhangi olumsuz bir durum görülmemektedir. Beklenen gelişim sürecinin diğer çalışmaların sonuçları ile örtüştüğü ve dolayısıyla bir gelişme sorunu yaşanmayacağı düşünülmektedir.

Bingöl Yöresinin ekolojik olanakları açısından dikkate değer olduğu, dünyanın en büyük kayısı üretim merkezlerinden olan Malatya Bölgesine çok yakın olduğundan pazarlama kolaylıklarının bulunduğu, incelenen çeşitler ve diğer kayısı çeşitlerimiz kullanılarak daha detaylı çalışmalar yapılmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2011. Food and Agricultural Commodities Production. <http://faostat.fao.org/site/339/default> (Erişim tarihi: 13 Nisan, 2013).
- Anonim, 2013a. İstatistikler. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel-zul>. (Erişim tarihi: 13 Ocak, 2013).
- Anonim, 2013b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendir-me/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BINGOL> (Erişim Tarihi: 13.12.2012).
- Asma, B.M., 2000. Kayısı Yetiştiriciliği, ed: Hüseyin E., Evin Ofset, Malatya, Sayfa: 2.
- Asma, B.M., Akça, Y., 1995. Bazı Kurutmalık Kayısı çeşitlerinin dalgalanma gösteren kış ve ilkbahar sıcaklıklarına toleranslarının saptanması. Y.Y.U. Zir. Fak. Dergisi, 5(1): 57-63.
- Asma, B.M., Akça, Y., 1996. Hacıhaliloğlu kayısı çeşidinde derim zamanının kuru kayısı kalite ve randıman üzerine etkisinin saptanması üzerine bir araştırma. Y.Y.U. Zir. Fak. Dergisi, 6(2): 181-189.
- Asma, B.M., Kan, T., 2001. Dünya kayısı üretimi ve önemli kayısı üreticisi ülkeler. Kayısı Sempozyumu, Malatya, Sayfa: 35-40.
- Balta, F., Kaya, T., Yarılgaç, T., Kazankaya, A., Balta, M.F., Koyuncu, M.A., 2002. Promising apricot genetic resources from the Lake Van Region. Genetic Resources and Crop Evolution, 49: 409-413.
- Batmaz, M.F., 2005. Bazı kayısı genotiplerinin Adana ekolojik koşullarında verim ve kaliteleri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst., (Y. Lisans Tezi, Basılmamış), Adana.
- Bolat, İ., 1994. Erzincan Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü fidanlık arazisinde bazı meyve türlerinde çöğür gelişiminin incelenmesi üzerine bir araştırma. Atatürk Ü.Zir.Fak.Der. 25 (1), 67-77.
- Bostan, S.Z., 1994. Bazı kayısı çeşitlerinde meyve ve yaprak özellikleri arasında ilişkiler üzerine bir araştırma. Y.Y.Ü. Zir. Fak. Dergisi, 4: 55-66.
- Durmuş, E., Yiğit, A., 2003. Türkiye'nin Meyve Üretim Yörelere, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi(Fırat University Journal Of Social Science), Cilt: 13, Sayı: 2, Sayfa: 23-54.
- Ercişli, S., 2004. A Short Review of the Fruit Germplasm Resources of Turkey, Genetic Resources and Crop Evolution 51: 419-435.
- Eriş, A., Barut, E., 2000. Ilıman İklim Meyveleri-1. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, Sayfa:65.
- Ertürk, Y., Güleriyüz, M., 2008. Bazı Yerli ve Yabancı Kayısı Çeşitlerinin Erzincan Koşullarındaki Vejetatif ve Generatif Gelişme Durumlarının Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 39 (1), 9-14.
- Gülcan, R., 2001. Kayısı Araştırmaları (KAYSAR) Ünitesi Kapsamında Yer Alan Projelerin Tanıtımı. Kayısı Sempozyumu, Malatya, Sayfa: 14-20.
- Janick, J., Moore, J.N., 1975. Apricots. Advances in fruit breeding. West Lafayette, Purdue, Researches Foundation, USA.
- Kaşka, N., Onur, C., Çınar, A., 1982. Akdeniz bölgesi için erkenci kayısı çeşit seçilasyonu, Tübitak-Toac, ABBA Ünitesi, No:2.
- Mehlenbacher, A.S., Cociu, V., Hough, F.L., 1991. Apricots (Prunus) In:J.N.Moore and J.R.Ballington Jr. Eds). Genetic Reseourches of Temperate Fruit and Nut Crops. Acta Hort., 290:65-107.
- Özbek, S., 1978. Özel Meyvecilik. ÇÜ ZF yayınları No: 128, 486 s. Adana.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2004. Ilıman İklim Meyve Türleri. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, Vol:1, Sayfa:68.

- Özyörük, C., Gülerüz, M., 1992. Iğdır ovasında yetişen kayısı çeşitleri üzerinde pomolojik, biyolojik, ve fenolojik araştırmalar. *Ata. Ü. Zir. Fak. Dergisi*, 23(1): 16-28.
- Tekintaş, E., Akça, Y. Yılmaz, S., 1991. Van ekolojik koşullarında bazı sert ve yumuşak çekirdekli meyve türlerinin çöğürlerinde yıllık boy ve en gelişimlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. *Y.Y.Ü. Ziraat Fak. Derg.*, 1 (2): 1-11.
- Yarılgaç, T., Kazankaya, A., 2002. Bazı kayısı çeşitlerinin Van ekolojisindeki adaptasyonları üzerinde araştırmalar (1998-2000 dilimi). *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 5(1), 131-139.

Morphological and Anatomical Study on *Gladiolus antakiensis* A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. (Iridacee)

Kadriye YETİŞEN¹, Yurdanur AKYOL¹, Bahattin BOZDAĞ¹, Canan ÖZDEMİR¹

ABSTRACT: The study is based on anatomical and morphological investigations of *Gladiolus antakiensis* A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. Morphological and anatomical features of vegetative organs of the plant such as root, scape, and leaf have been given in detail and demonstrated by figures. It has been observed that corntunic is coarsely reticulate fibrous in these two species. Sand crystals have been observed in *G. antakiensis* species. Sclerenchyma groups have been observed around leaf vascular bundle in both of species. Most of the anatomical properties of both species are similar to the other member of Iridaceae family.

Key Words: Anatomy, *Gladiolus antakiensis*, *Gladiolus atroviolaceus*, Iridaceae, Morphology

Gladiolus antakiensis A. P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. (Iridacee) Üzerine Morfolojik ve Anatomik Çalışma

ÖZET: Çalışmamızda *Gladiolus antakiensis* A. P. Hamilton ve *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. türleri üzerinde morfolojik ve anatomik araştırmalar yapılmıştır. Kök skapus ve yaprak gibi vejetatif organlarının morfolojik ve anatomik karakterleri detaylı bir şekilde incelenerek fotoğraflanmıştır. İki türde de kormtuniğin inretikulat fibrilli olduğu gözlenmiştir. *G. antakiensis* türünde kum kristalleri saptanmıştır. Türlerde yaprak iletim demetlerinin etraflarında sklerenkima grupları gözlenmiştir. Çalışılan türlerin anatomic özelliklerinin çoğu Iridaceae familyasının diğer üyeleriyle benzerlik göstermektedir.

AnahtarKelimeler: Anatomi, *Gladiolus antakiensis*, *Gladiolus atroviolaceus*, Iridaceae, Morfoloji

¹ Celal Bayar Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji, Manisa, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: kadriyeyetisen@gmail.com

INTRODUCTION

Gladiolus L. (Iridaceae) is a large genus has a distribution of Africa, the Mediterranean basin and Western Asia. It is placed in Iridaceae, subfamily of Crocoideae. The genus includes approximately 150 species (Dahlgren, 1985). There are nine *Gladiolus* species in Turkey, four of them are endemic (Davis, 1984). They are small and fairly tall herbs. The corms of *Gladiolus* species are ovate or globose to flattened and enclosed by several layers of brownish fibrous tunics. Lowest leaf is reduced to a subterranean sheathing cataphyll and cauline leaves may be two or many, synanthous, ensiform. The perianth of *Gladiolus* species are tubular or funnel-shaped with syntepalous (Davis, 1984; Dahlgren, 1985). The taxonomy of *Gladiolus* complex in a general way. Status and delimitation of many of its species are uncertain or confused. There are some studies about *Gladiolus* species (Erol, 2006; Tan, 2006; Gabrielian, 2001; Akınar, 2011) but any morphological and anatomical studies has not been observed on *Gladiolus antakiensis* A.P. Hamilton and *Gladiolus atroviolaceus* Boiss. In this study morphological and anatomical features investigated of *G. antakiensis* and *G. atroviolaceus*.

MATERIALS AND METHODS

Plant specimens were collected from natural population in flowering period. *G. antakiensis* were collected from C4 Mersin. *G. atroviolaceus* samples were collected from A8 Erzurum. The collected specimens were kept in the herbarium of Celal Bayar University. The taxonomic description of the plant was carried out according to "Flora of Turkey" Volume 8 (Davis, 1984).



Figure 1. General appearance of *G. antakiensis* in natural habitat

Morphological measurements were made from fresh plant materials. For anatomical studies plant specimens were fixed in 70% ethanol. The paraffin method was used for preparing a cross-section of root, scape and leaves (Algan, 1981). Transverse sections 15-20 μ were made using a sliding microtome and stained with safranin-Fast Green. Hand-cut sections were also made and stained with safranin agent (Çelebioğlu and Baytop, 1949). Microscopic slides were photographed with motorized Leica DM 300 microscope. Measurements were taken using ocular-micrometer of root, scape and leaf cell sizes of each species. Minimum, maximum, mean and standard deviation was determined.

RESULTS

Morphological Results

***G. antakiensis*:** Corm tunic has coarse reticulate fibres. Stem length is 30-72 cm. Leaves number are 3-4 in number. Lamina of basal leaf length-width is 200-320 x 5-8 mm, it is green, acute to acuminate shaped, its veins are irregularly spaced, diverging from base. Spike is 3-6 flowered, lax and not secund. Sepals are unequal. Perianth colour is carmine or purplish-pink. Tube is narrow and slightly curved. Posterior is 15-19 mm, anterior is 14-20 mm. Upper segments are not or very shortly clawed, acute or broadly acute; median segment is elliptic, 30-35 x 8-10 mm, lateral is narrowly elliptic, 22-24 x 4-5 mm; lower segments are broadly acute, claw is c. 1/3 x total length of segment, median is 24-27 x 3-3.5 mm, lateral is narrowly obovate, 28-32 x 4-5 mm. Anthers length is 12-14 mm, filaments length is 12 mm. Style length is 2.8 cm it has stigma dilated at tips. Capsule shape is obovoid. Seed shape is broadly ovoid, its length is 2.5 x 2 mm and it is unwinged (Figures. 1, 2, 3).



Figure 2. General appearance of *G. antakiensis* in natural habitat

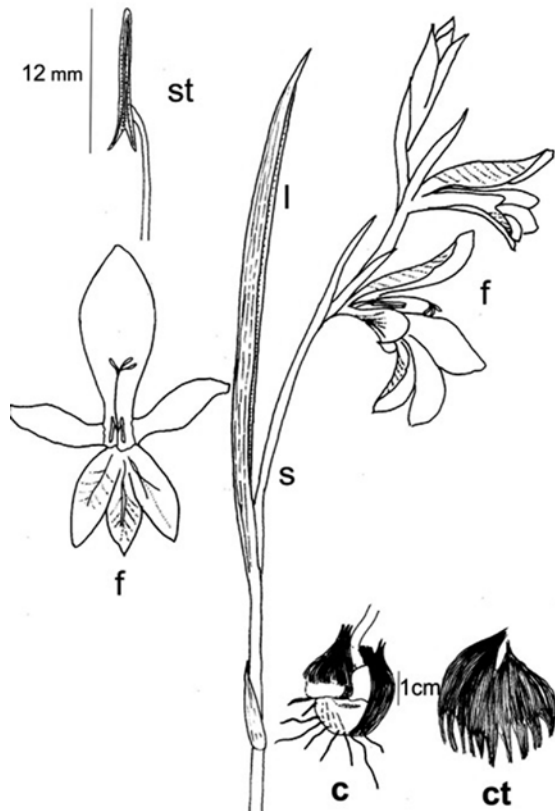


Figure 3. General appearance and some parts of *G. antakiensis*: c:corm, ct:cormtunic, f:flower, l:leaf, s:scape, st:stamen



Figure 4. General appearance of *G. atroviolaceus*

***G. atroviolaceus*:** Cormtunic is coarsely reticulate fibrous. Stem length is 30-60 cm. Leaves numbers are 3. Spike is 4-8 (-11) flowered, dense, secund. Perianth colour is deep violet-purple, flushed lilac within. Perianth tube is markedly curved, posterior is (10-) 12-15 mm, anterior is (14-)16-18 mm; lower lateral segments are streaked with white or liliac with 2 dark violetlines. Upper median segment is distinctly hooded in *vivo*, very shortly clawed, 23-27 (-35) x 10-13 mm, upper lateral is 23-25(-30) x 8-12 mm, lower median is 20-22 (-27) x 7-9 mm, lower lateral is narrowly clawed in lower 1/3, 18-27 x 9-12 mm. Anthers length is (10-)12-15 mm, filaments length is 9-15 mm. Capsule is ellipsoid, to 1.8 cm. Seed shape is ovoid, c. 2.5 x 2 mm, it is swung (Figures. 4, 5).

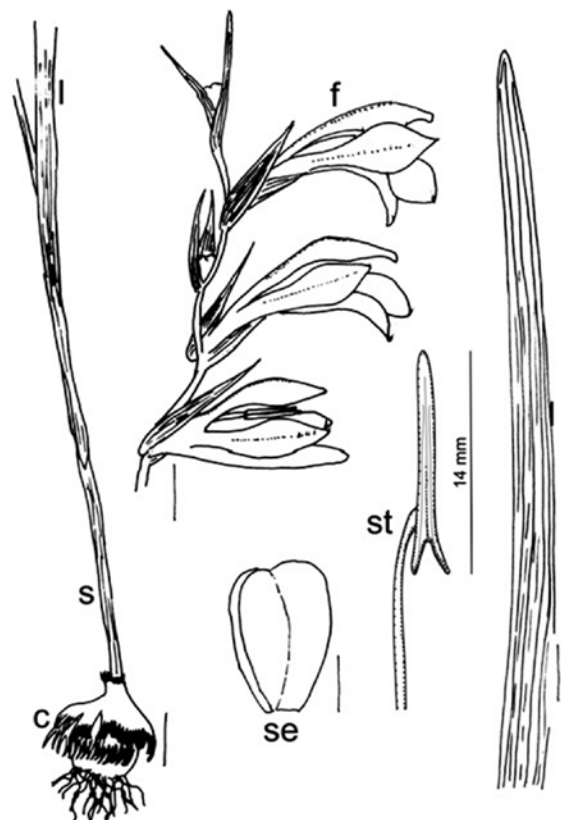


Figure 5. General appearance and some parts of *G. atroviolaceus*: c:corm, f:flower, l:leaf, s:scape, se:seed, st:stamen, scalebars: 1 cm

Anatomical Results

G. antakiensis

Root: There is a single layer epidermis outer surface of *G. antakiensis* is root. Cortex is consisted 6-10 layered parenchymatic cells. Endodermis is single-layered. The wall thickenings of the endodermal cells are three sided and towards to pericycle. Pericycle is single layered. A big metaxylem is present at root center. 9-10 number xylem strands are present around the metaxylem (Figure. 6).

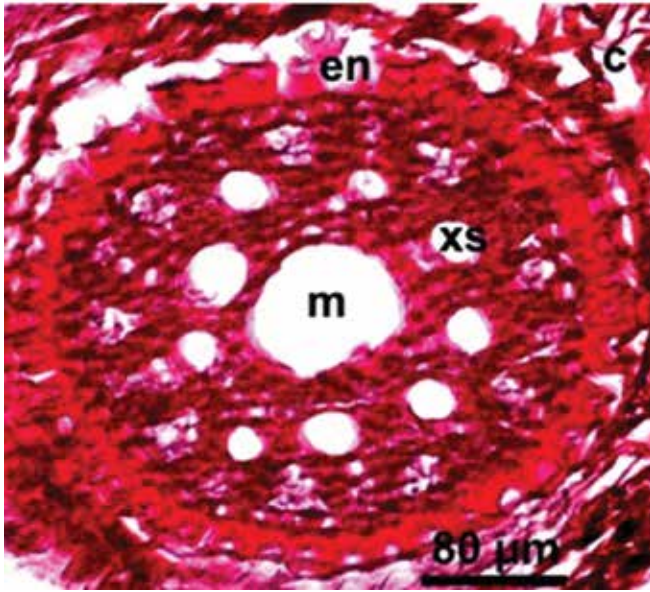


Figure 6. Cross section of root of *G. antakiensis* c: cortex, en: endodermis, m:metaxylem, xs:xylemstrand

Scape: Scape is covered by a thick cuticle. There is a single-layered epidermis under the cuticle. Parenchymatic cortex is 5-9 layered, has intercellular spaces. Vascular bundles number are 38-40 and they are located in three circle. Pith occupies very large area in scape cross section. Parenchymatic pith cells have intercellular space and they are bigger than compared to cortex cells. There are sand crystals in cortex and pith cells (Figures. 7, 8).

Leaf: A thick cuticle is cover adaxial surface of *G. antakiensis* is leaf. Epidermis is single layered in both surfaces. Adaxial epidermis cells are bigger than abaxial epidermis cells. There are sand crystals in mesophyll. There is no difference between spongy and palisade parenchyma at 9-11 layered mesophyll.

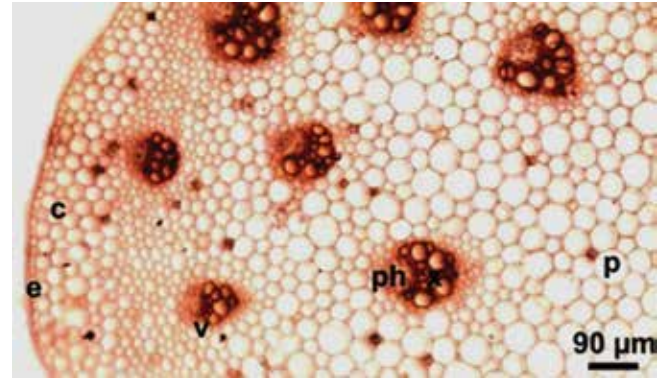


Figure 7. Cross section of scape of *G. antakiensis*, c: cortex, e: epidermis, v: vascular bundle, p:pith, ph:phloem, x:xylem

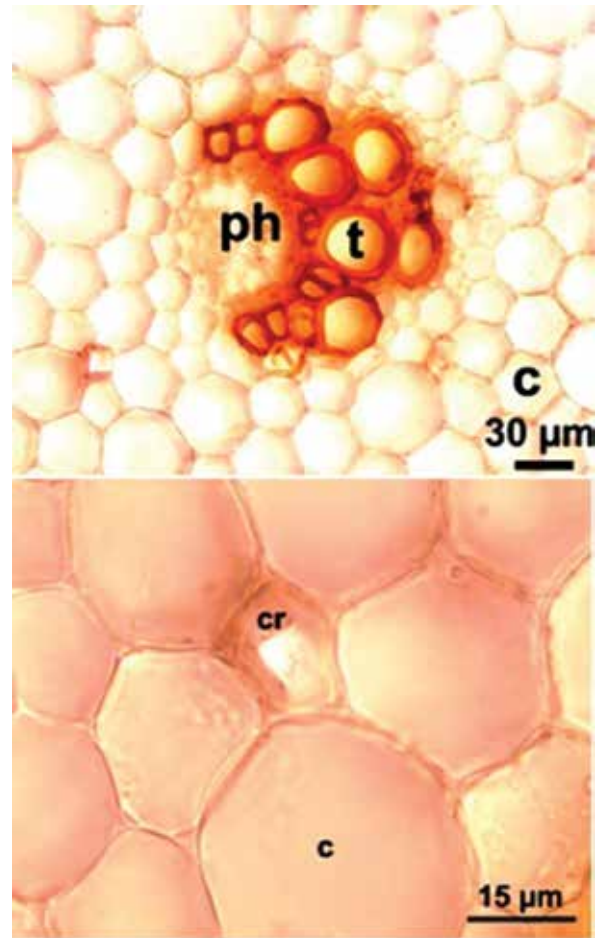


Figure 8. Cross section of scape of *G. antakiensis*, c: cortex, cr:crystal, ph: phloem, t:trachea

Mesophilecells are close to the abaxial epidermis have more chlorophyll. Vascular bundles are located closer to the abaxial epidermis. Sclerenchyma groups present around the vascular bundles. There are papillas on abaxial surface of leaf. Abaxial cuticle is thinner than other surface. (Figures. 9, 10, 11).

G. atroviolaceus

Root: Outer surface of *Gladiolus* root is covered by a single layer edepidermis. Cortex is 15-20 layered.

There are very small intercellular spaces between parenchymatic cortex cells. Endodermis is single-layered.

The wall thickness of the endodermal cells are three sided and towards to cortex.

Pericycleis single layered and located under the endodermis. 25-30 metaxylem are present at root.

Pith area is present in root cross section (Figure. 12).

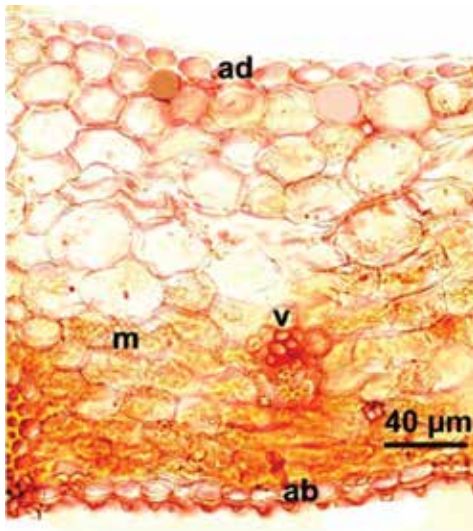


Figure 9. Cross section of leaf of *G. antakiensis* ab: abaxialepidermis, ad: adaxialepidermis, m:mesophile,v: vascularbundle

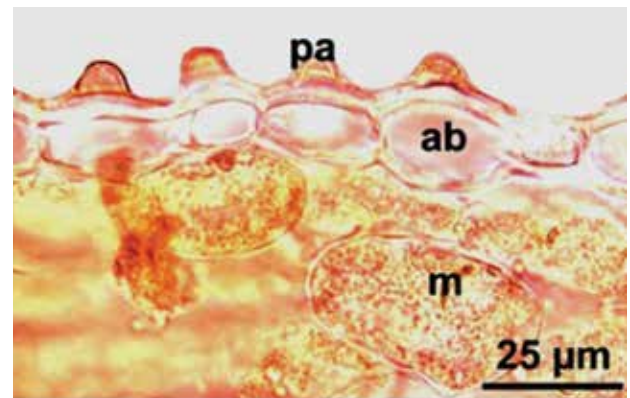


Figure 10. Cross section of leaf of *G. atroviolaceus* ab: abaxialepidermis, m:mesophile, pa:papilla

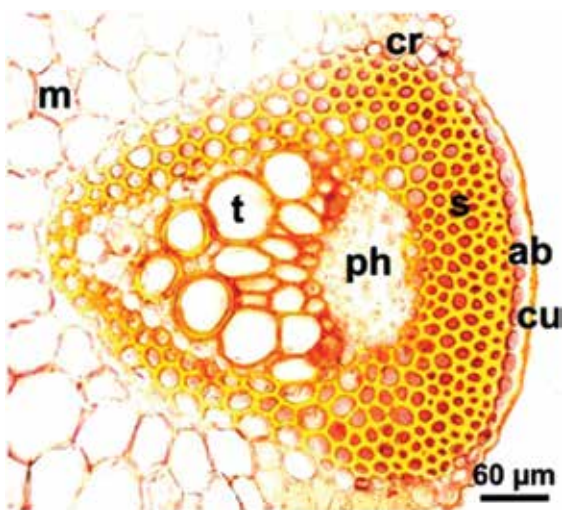


Figure 11. Cross section of leaf of *G. atroviolaceus* ab: abaxialepidermis, cr:crystal, cu: cuticle, m:mesophile, ph: phloem, s: sclerenchyma, t:trachae

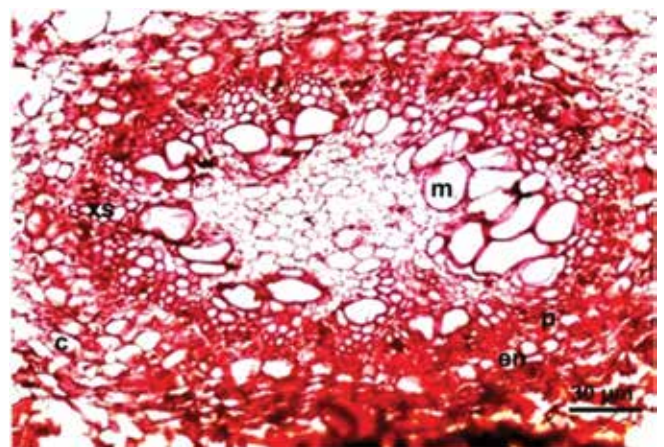


Figure 12. Cross section of root of *G. atroviolaceus* c: cortex,en:endodermis, m:metaxylem, p:periskl, xs:xylemstrand

Scape: Outer surface of scape is covered by cuticle. Epidermis is single-layered. 3-4 layer cortex cells are not have collenchyma. 9-12 layered cortex parenchyma is consisted of collenchymatic cells. This cells are ovate and circle shaped.

Intercellular spaces are present in the cortex of scape. Vascular bundle number are 17-20 and they are located in two circle. Pith area is present at the center of scape. The cells of pith are parenchymatic and have intercellular spaces. Pith cells are bigger than cortex cells (Figures. 13, 14).

Leaf: There is a cuticle both adaxial and abaxial surfaces of *Gladiolus* leaf. Abaxial cuticle is thicker than adaxial surface. Epidermis is single layered on both surfaces. Stomata are generally located on abaxial side of the leaf and there are spaces under the stomata. Abaxial epidermis cells are bigger than adaxial epidermis cells. There is no differentiation as spongy and palisade parenchyma at 9-12 layered mesophyll. Vascular bundles are located closer to the abaxial epidermis. There are papillae on abaxial surface of leaf (Figures. 15, 16, 17).

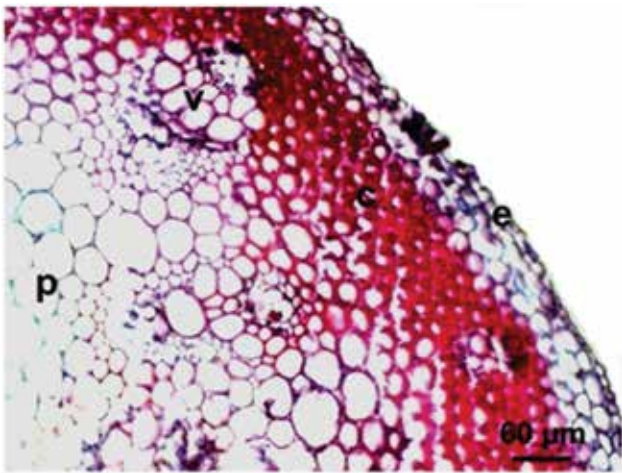


Figure 13. Cross section of scape of *G. atroviolaceus*, c: cortex, e: epidermis, v: vascular bundle, p: pith

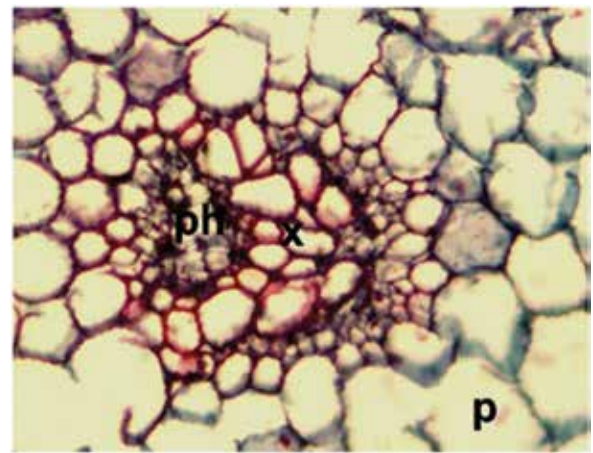


Figure 14. Cross section of scape vascular bundle of *G. atroviolaceus*, p: parenchyma, ph: phloem, x: xylem

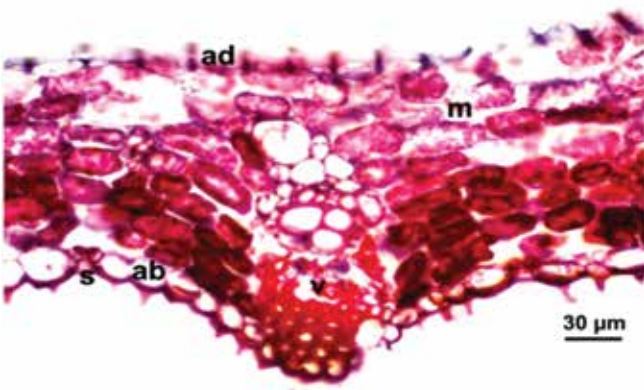


Figure 15. Cross section of leaf of *G. atroviolaceus* ab: abaxial epidermis, ad: adaxial epidermis, m: mesophyll, s: stoma

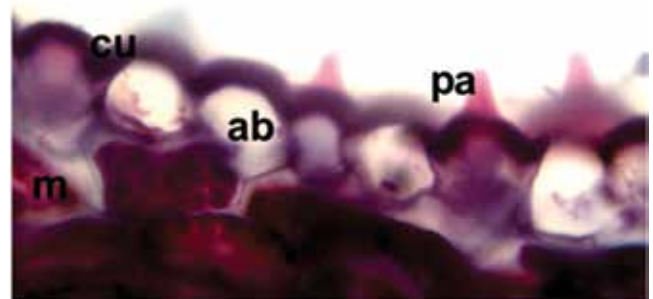


Figure 16. Cross section of leaf of *G. atroviolaceus* ab: abaxial epidermis, cu: cuticle, m: mesophyll, pa: papilla

Table 1. Anatomical Measurements of *G. antakiensis* and *G. atroviolaceus*

	Width (μm)		Length(μm)	
	Min–Max	Mean \pm SD	Min–Max	Mean \pm SD
<i>G. antakiensis</i>				
Root				
Epidermiscell	25-32	29.6 \pm 4.2	28-45	39.3 \pm 5.4
Cortexcell	35-54	43.2 \pm 7.5	40-70	61.4 \pm 4.7
Endodermis cell	15-23	19.4 \pm 2.6	20-35	27.3 \pm 3.2
Metaxylem (diameter)	15-80	36 \pm 22.6		
Scape				
Epidermis cell	12.5-22.5	16.8 \pm 4.4	7.5-17.5	10.5 \pm 3.67
Cortex cell (diameter)	15-37.5	26 \pm 8.6		
Trachea (diameter)	10-30	22.5 \pm 5.4		
Pith cell (diameter)	27.5-70	43 \pm 17.1		
Leaf				
Adaxial Epidermis	15-25	19.5 \pm 4.58	7.5-12.5	11.5 \pm 2.54
Abaxial Epidermis	10-25	18.75 \pm 5	5-10.3	9.7 \pm 1.38
Mesophile (diameter)	15-50	22.5 \pm 4.47		
<i>G. atroviolaceus</i>				
Root				
Epidermiscell	20-37.5	28.5 \pm 6.4	32-47	42 \pm 5
Cortexcell (diameter)	30-50	41.5 \pm 7.6	45-60	53.5 \pm 4.8
Endodermis cell	27-32	29 \pm 2.1	37-56	45 \pm 7.5
Metaxylem (diameter)	17-30	21.5 \pm 4.3		
Scape				
Epidermis cell	10-25	15.5 \pm 4.5	17-27	25 \pm 3.8
Cortex cell (diameter)	27-62	39 \pm 13		
Trachea (diameter)	17-50	32 \pm 11		
Pith cell (diameter)	40-75	56 \pm 13.4		
Leaf				
Adaxial Epidermis	12-15	13.5 \pm 1.2	22-33	28 \pm 3.7
Abaxial Epidermis	17-30	22.5 \pm 4.7	17-25	22.5 \pm 2.7
Mesophile	15-20	16.2 \pm 2.1	27-58	41 \pm 11

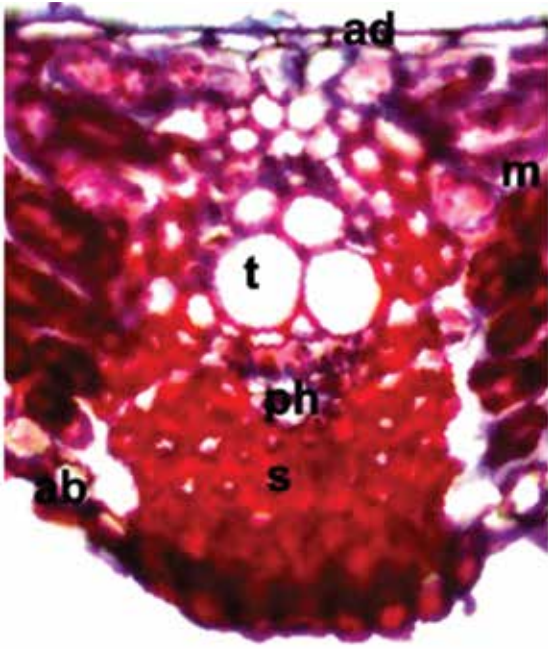


Figure 17. Cross section of leaf of *G. atroviolaceus* ab: abaxialepidermis, ad: adaxialepidermis, m:mesophile, ph: phloem, s: sclerenchyma, t:trachea

DISCUSSION

In our study, morphological and anatomical features are studied on *G. antakiensis* and *G. atroviolaceus*. Our numerical findings belonging to the morphological characters of the species seem to be similar to the first measurements given by Davis in Flora of Turkey (Davis, 1984).

In root cross sections, while a big metaxylem is present in *G. antakiensis*, that 25-30 metaxylem in *G. atroviolaceus*. Scape vascular bundles are located in three circle in *G. antakiensis*, two circle in *G. atroviolaceus*.

Sclerenchyma groups and sand crystals are distinctive characters for interspecies disorder (Selvi, 2008). According to Fahn (1990), sand crystals were present in dicotyledone stem and some monocotyledone members. Crystals are constant character in plant. Crystal shape and location in plants are very important for taxonomic studies (Metcalf, 1983; Fahn, 1990; Yentür, 1995). In our study while sand crystals were observed in scape and leaf of *G. antakiensis* is species that not observed in *G. atroviolaceus*. Sand crystals can be distinctive for the two species.

Abaxial epidermis cells of leaf have papillae in two species too. Sclerenchyma groups surrounding leaf vascular bundle have been seen in most monocotyledone members (Esau, 1977; Fahn, 1990). In our study, sclerenchyma groups were observed around the leaf vascular bundles in two species. Anatomic characters as metaxylem or vascular bundle number and crystal type can use distinctive characters between *Gladiolus* species. We hope our findings contribute to further phylogenetic and taxonomic studies about *Gladiolus* species.

REFERENCES

- Akpınar, E., Bulut, Y., 2011. A study on the growth and development of some *Gladiolus* L. (Iridaceae) varieties planted in different time under the ecological conditions of Erzurum, African Journal of Agricultural Research. 6 (13): 3143-3148.
- Algan, G., 1981. Microtechnics for the Plant Tissues. Publication of Firat Univ. Science&Art Faculty, Number:1, Istanbul.
- Çelebioğlu, S., Baytop, T., 1949. A new reagent for microscopical investigation of plant. Publication of the Institute of Pharmacognosy, No:10, 19: 301.
- Davis, P.H., 1984. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, Vol. 8.
- Dahlgren, R.M.T., 1985. The Families of the Monocotyledons Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Erol, O., Üzen, E., Küçük, O., 2006. Preliminary SEM Observations on the Seed Testa Structure of *Gladiolus* L. Species from Turkey, International Journal of Botany 2(2): 125-127.
- Esau K., 1977. Anatomy of Seed Plants, University of California, Santa Barbara, London.
- Gabrielian E., 2001. The genus *gladiolus* (Iridaceae) in southern Transcaucasia. Bocconea 13: 445-455. 2001. ISSN 1120-4060.
- Metcalf, C.R., Chalk, L., 1983. Anatomy of the Dicotyledons. Vol. 1, Oxford University Press, Oxford.
- Selvi, S., Erdoğan, E., Daşkın, R., 2008. *Hyacinthella lineata* (Liliaceae) Üzerinde Morfolojik, Anatomik ve Ekolojik Araştırmalar. Ekoloji 17: 24-32.
- Tan, K., Mathew, B., Baytop, A., 2006. *Gladiolus attilae* (Iridaceae), a new species from East Anatolia, Turkey Phytologia Balcanica, 12(1):71-73.
- Yentür S., 1995. Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 3808, Fen Fak. Yay. No: 227, İstanbul.

PETKİM Atıksuyundan Kaprolaktam Geri Kazanımında Uygulanmış Özgün Bir Metot

Hasan ERYILMAZ¹

ÖZET: Türkiye'deki sentetik iplik sanayi; PP, PES, akrilik gibi iplik türleri yanında, naylon-6 iplik de üretmektedir. Bu iplik, tekstil sanayinde ve özellikle de balık ağları yapımında kullanılmaktadır. Naylon-6'nın hammaddesi monomer kaprolaktamdır. Yerli iplik üreticilerinin hammadde ihtiyacını karşılamak için, Petkim 1976'da kaprolaktam fabrikasını kurup işletmeye almıştır. Bu fabrikadan çıkan 5 tür atıksuda, geri kazanılamayan önemli bir miktar kaprolaktam da bulunmakta, ekonomik kayıp ve çevre kirliliği oluşturmaktadır. Aşağıdaki orijinal metot, bu atıksulardan kaprolaktam geri kazanmak için Laksan A.Ş.'de geliştirilmiş; başta kaprolaktam ve naylon-6 geri kazanma tesisi, daha sonra naylon teknik iplik üretme tesisi olan Laksan'da endüstriyel olarak uygulanmıştır. Bu metotta, kaprolaktamlı Petkim atık çözeltisi, önce sanayi tuzu (NaCl) ile doyurulmuş; sonra kesikli metotta 3 kademede toplam üç kat benzen ile ekstrakte edilmiş; yaklaşık on yıl sonra devreye alınan tek kademeli, sürekli (kesiksiz) ve daha verimli metotta da, ters akımla çalışan dik kolonda, sadece eşit hacimde benzen ile ekstrakte edilmiştir. Laktamdan distilasyonla ayrılan benzen, yeni ekstraksiyonlarda; açık havada havuzlarda atık çözeltinin buharlaşmasıyla kristallenen tuz da, yeni gelen Petkim atık çözeltilerinin tuzla doyurulmasında, tekrar kullanılmışlardır.

Anahtar Kelimeler: Kaprolaktam, benzen, tuz, ekstraksiyon, doyurma, geri kazanma

An Original and Applied Method for Recovery of Caprolactam from PETKİM Waste Water

ABSTRACT: Synthetic Yarn Industries of Türkiye produce materials including PP, PES, acrylic and nylon-6 type yarns. Of these materials, Nylon -6 yarn is used in textiles and specifically in fish-net productions. In 1970's there was an increasing demand for Nylon-6 in native nylon producers in Turkey. In order to meet these demands in 1976, Petkim built a factory and started to produce monomer caprolactam which is the raw material of Nylon-6. In this factory, there were five different waste water solutions that carry significant amount of unrecovered caprolactam which creates environmental pollution as well as economical lost. In order to recover caprolactam, the following method has been developed and applied to the PETKİM waste water at the Laksan recovery plant in Türkiye. First of all, PETKİM caprolactam waste water has been saturated with industrial salt (NaCl), and then extracted with benzene. At the beginning of the recovery process, these salty solutions were extracted totally threefold volume benzene in three-step batch method. After about ten years, the salty solutions were extracted with only equal volume benzene in a reverse current continuous column as a more improved one-step method. Benzene, separated from caprolactam by distillation, was reused at the next extractions and NaCl, crystallized from saturated waste waters by open-air evaporation, was also reused at the next saturations.

Keywords: Caprolactam, benzene, NaCl, extraction, saturation, recovery

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Artvin, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: h.eryilmaz@artvin.edu.tr

GİRİŞ

Kaprolaktam, sentetik iplik üretiminde kullanılan naylon-6 plastiğinin, monomer ham maddesidir. Asit ve su katalizörlüğünde basınç altında ısıtılarak naylon-6'ya dönüştürülür.

Türkiye'de naylon iplik üreten fabrikalara hammadde sağlamak için, Petkim'in Yarımca-İzmit petrokimya kompleksinde, 1976'da kaprolaktam fabrikası kurulup üretime başlamıştı. Bu fabrikadan 5 ayrı atık çözelti, geri kazanma ve atık giderme üniteleri kurulmadığı için, Marmara denizine boşaltılıyordu. Körfez Belediyeleriyle Petkim arasında, deniz kirlenmesi nedeniyle hukuki davaların sürdüğü bir dönemde, İstanbul-Kurtköy'de kurulmakta olan Laksan A.Ş., kaprolaktam atık sularını üstelik parayla almak üzere Petkim ile anlaştı ve Petkim içinde büyük atıksu tankları kuruldu. Bu tanklarda biriken atıksular tankerlerle Laksan'a taşındı ve içerisinde geri kazanılamamış %10'a kadar çıkan kaprolaktam, Laksan geri kazanım tesisinde ekstraksiyonla geri kazanıldı, distilasyonla saflaştırıldı, polimerizasyon ünitesinde naylon-6'ya dönüştürülerek granül halinde enjeksiyon piyasasına verildi. Böylece ekonomiye katkı sağlarken çevre kirliliğini azaltıcı örnek fabrikalardan biri olarak Petkim ile işbirliğini 1993 yılına kadar sürdürdü. Ancak bu tarihte dünya piyasaları ile rekabet edebilecek ucuz üretim yapamadığı gerekçesiyle, Petkim'in kaprolaktam fabrikası, revizyona gitmek yerine devrin iktidarı tarafından kapatıldı ve diğer Petkim tesislerinin yedek parçası olarak kullanıldı. Halbuki, Japon UBE Industries tarafından kurulan bu fabrikanın İspanya'daki eşi hala çalışmaya devam ediyor.

Kaprolaktam fabrikası kapatıldıktan sonra, Türkiye'de kaprolaktam kullanarak naylon-6 üreten ve ondan da naylon iplik yapan İNSA, SİFAŞ, Tekstiplik fabrikaları gibi Laksan da naylon-6 granül ithal ederek düşük karlarla teknik iplik üretmek zorunda kalmıştır. Ve nihayet 2001 ekonomik kriziyle gelen büyük borç yüküne dayanamamış ve önce 3 vardiya full-time'dan kısım kısım part-time'a sonunda da yok-time'a geçerek 2003'te kapanmıştır. Bugün ekonomik olarak saklanmaya ihtiyaç kalmamış olan bu geri kazanma metodumuzu, bu konuda yapılacak yeni araştırmalara yararlı olacağını düşünerek, bu makale ile özet olarak bilim dünyasına kazandırmak istedik. Literatür taraması, kaprolaktam geri kazanma metotları içinde henüz Laksan metodunun olmadığını göstermiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

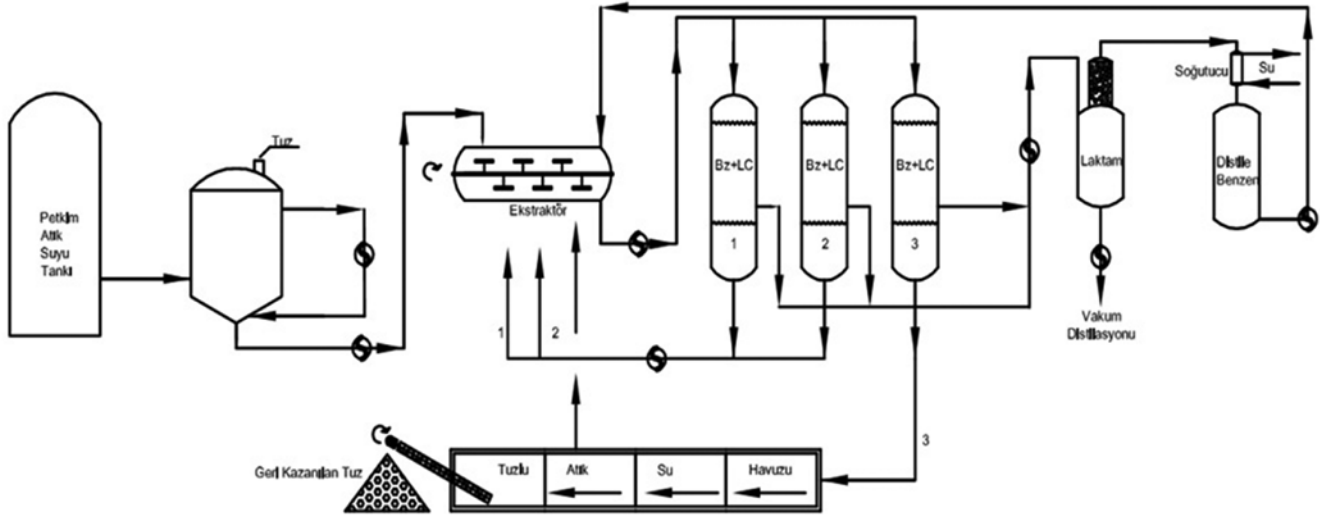
Kaprolaktam Petkim'de, benzen-sikloheksan-sikloheksanon-sikloheksanonoksim-kaprolaktam (derişik H_2SO_4 katalizörlüğünde Beckmann çevrilmesiyle) basamaklarından geçerek oluşuyor, sonra NH_3 ile nötrleştirme, benzen ile ekstraksiyon ve vakum distilasyonu ile saflaştırılıyor, bu işlemler sırasında çıkan 5 cins atık çözelti de tanklarda biriktiriliyordu. Tankerlerle Laksan'a taşınan çözeltilerde %8-10 kaprolaktam bulunuyordu. Çözeltiler 5 türü de birleşik halde açık çay rengindeydiler.

Kaprolaktam 20°C de 1 litre suda yaklaşık 4560g çözünür (Wikipedia, 2013), 1 litre benzende ise yaklaşık olarak 580 g çözünür (Gong et al., 2010). (Su+kaprolaktam+benzen) üçlü dengesinde ise, benzen ve su fazında çözünen kaprolaktam için benzen/su dağılım katsayısı K_d , 20°C de 0.38'dir (Glazko et al., 2007). Buna göre dengede kaprolaktamın yaklaşık %28'i üstteki benzen fazında, %72'si ise alttaki su fazında bulunur.

Petkim kaprolaktam atık suyu, benzen ile ekstraksiyon ünitesinden çıktığı için hem benzen ile doymun haldedir, hem de içinde amonyum sülfat, amonyum sülfamat ve organik asitlerin (C_2-C_6) tuzları bulunmaktadır. Bu nedenle ekstraksiyonda benzen kullanmaya karar verdik. Benzen ve sulu fazlardaki kaprolaktam dağılım katsayısını, benzen tarafına doğru arttırmak için de, sulu artık çözelti, piyasadan alınmış iri kristal sanayi tuzu ile tam doyuruldu. Tuzla doyurulmuş kaprolaktam artık çözeltilerinin eşit hacimde benzen ile ekstraksiyonunda, benzen fazındaki kaprolaktam yaklaşık %48'e yükseltirken, sulu fazda kalan miktar yaklaşık %52'ye inmiştir. Böylece kaprolaktam dağılım katsayısı 0.38'den yaklaşık olarak 0.92'ye yükseltilmiş olur. Başlangıçta atık çözeltilerde %8-10 kadar bulunan kaprolaktam miktarı, eşit hacimde benzen ile art arda yapılan 3 kez ekstraksiyonla sulu fazda yaklaşık olarak %1.1-1.4'e kadar düşer. Ekonomik olmadığı için daha fazla ekstraksiyon yapılmamış ve atık çözeltiler yaklaşık olarak 4x5x50 m boyutunda 4 kademeli beton havuza boşaltılmıştır. Açık havada buharlaşan çözeltilerden kristalleşip çöken tuz, süzülüp yıkanarak yeni gelen atık çözeltiyi doymun için tekrar kullanılır. Buharlaşmadan dolayı açık havada beklerken atık çözeltilerdeki kaprolaktam yüzdesi de 2-3 kat artar ve prosesteki boş zamanlarda tekrar ekstraksiyona

alınarak, bir miktar daha kaprolaktam geri kazanılmış olur. Tuzlu çözelti ile temas eden; tuzla doyurma, ekstraksiyon, dinlendirme, sevk boruları ve pompalar gibi bütün üniteler tamamen 316L kalite paslanmaz

çelikten imal edilerek korozyon problemi çözülmüştür. Kısaca özetlediğimiz kesikli çalışan bu ekstraksiyon metodunda, atık çözelti hacminin 3 katı benzen kullanılmaktaydı (Şekil 1).



Şekil 1. Laksan fabrikası, kaprolaktam geri kazanma ünitesinin akım şeması

Hem sağlık, hem de yangın tehlikesi nedeniyle, benzeni distilasyonla geri kazanma ünitesi tamamen kapalı sistem çalıştığı için, benzen kaybı çok az idi. Buna rağmen, Petkim kaprolaktam fabrikası kapanmadan üç yıl önce Laksan, kesintisiz ve ters akımla çalışan ekstraksiyon kolonunu devreye almış, 3 kat hacim yerine laktamlı çözeltinin hacmine eşit hacimde benzen kullanarak, tuzlu atıksudaki kaprolaktam miktarını %1'in altına düşürmüştür. Aralarında yaklaşık 20 cm açıklık bulunan, her birinin üstünde yaklaşık 3 mm çaplı yüzlerce delik açılmış olan ve bir üst tabakadan bir alt tabakaya iniş açıklığının çaprazlama olarak monte edildiği, üst üste yerleştirilmiş 24 tabakadan oluşan dik kolona, benzen alttan girip üstten çıkarken, tuzlu atıksu da üstten girip alttan çıkıyordu. Geri kazanma maliyetlerini çok azaltmış olan dik kolon, Petkim kaprolaktam fabrikasının kapanması nedeniyle, ancak yaklaşık üç yıl kullanılmıştır. Petkim atık sularından kaprolaktam geri kazanma; ayrıca, Türkiye'deki diğer naylon-6 üreticilerinden alınan naylon oligomerlerinin vedeşlerinin depolimerizasyonu ile ilave kaprolaktam kazanma; geri kazanılmış laktamlar ile orijinal laktamın belirli oranlarda karıştırılarak polimerizasyonu; naylon granüllerdeki oligomerleri saf su ile ekstraksiyon;

temizlenmiş naylon-6 granüllerini vakumda kurutma ve diğer destek ünitelerinin, tamamının yerli ve paslanmaz çelik olduğu Laksan fabrikası, sert 2001 ekonomik krizine dayanamamış ve sonunda hurda fiyatına tesisi tasfiye etmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatür taraması gösterdi ki, benzenin kanserojen etkisinden dolayı getirilen sıkı engeller (EPA, 2012) nedeniyle, kaprolaktam ekstraksiyonunda yeni çözücüler araştırılmaktadır. Toluen (Delden et al., 2004; Barga et al., 2013), trikloretilen (Glazko et al., 2007), klorohidrokarbonlar (Van Delden et al., 2006), 1-Ok-tanol (Gong et al., 2007), (1-heptanol+heptan) (Gong et al., 2007; Delden et al., 2007), sikloheksan (Glazko et al., 2007), (1-heptanol+sikloheksan) (Van Delden et al., 2002), (1-heptanol+ metilsikloheksan) (Gong et al., 2007) bu çözücülerden bazılarıdır. Ancak bunlardan klorohidrokarbonlar ve en çok kullanılanı trikloretilen, hem çevre kirliliği açısından zararlıdır, hemde sulu ortamda hidroliz ile korozif HCl verir. Oktanol, heptanol, heksanol gibi çözücülerin polaritesi arttıkça ve karbon zinciri kıaldıkça kaprolaktam ekstraksiyo-

nu daha verimli hale gelmekte (Delden et al., 2006), ancak çözücünün sulu fazdaki çözünürlüğü de arttığı için, hem ekonomik kayıplar hem de çevre kirletici etkisi artmaktadır. Örnek olarak benzenin 20°C’de sudaki çözünürlüğü %0.07 (w/w) iken, sikloheksanol’ün çözünürlüğü %3.6’ya yükselir (Windholz et al., 1976). Çözücü kayıplarını azaltmak için çözücü 1-oktanol, polisülfon mikrokapsüller içinde korunarak ekstraksiyon yapılmış, ancak kaprolaktamı tekrar 1-oktanol’den geri almak için H₂SO₄ kullanmak ve sonra NH₃ ile nötralleştirmek gerekmiştir (Gong et al., 2009) ki, bu da hem işlemi hem de maliyeti arttırır. Bu nedenle, heksanol, heptanol, oktanol gibi polar çözücülerini yalnız olarak

veya heksan, sikloheksan, metilsikloheksan gibi apolar çözücüler ile karışık olarak kullanmak yerine, apolar çözücülerini tek başlarına kullanmak; sulu fazda apolar çözücülerinin çözünürlüğü az olduğu için çözücü kaybını minimuma düşürecek ve dolayısıyla da ekonomik kaybı ve çevre kirletici etkisini azaltacaktır. Bu, bizim uyguladığımız tuzla doyurma (salt out effect, tuz etkisi) metoduyla birleştirilirse, apolar çözücülerinin polar çözücülere göre düşük olan kaprolaktam çözme gücü de kat kat arttırılmış olacaktır. Doygun tuz etkisiyle, kaprolaktamın (benzen-su) içindeki dağılım katsayısında meydana gelen artışına benzer bir artışın, sözü geçen apolar çözücüler için de olacağı çok açıktır.

KAYNAKLAR

- Barega, E.W., Zondervan, E., de Haan, A.B., 2013. Influence of Physical Properties and Process Conditions on Entrainment Behavior in Static-Mixer Settler Setup. *Industrial&Engineering Chemistry Research*, 52(8) :2058-2068.
- Environmental Protection Agency, 2012. Technology Transfer Network Air Toxics Web Site, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/benzene.html>, (Erişim Tarihi: 3 Haziran 2013).
- Glazko, I.L., Druzhinina, Y.A., Levanova, S.V., 2007. Performance and selectivity of organic solvents in extraction of caprolactam from lactam oil. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 80(6) : 941-944.
- Gong, X., Lu, Y., Zhang, Y., Gao, M., Luo, G., 2007. Liquid-Liquid Equilibria of the Quaternary System Water+Caprolactam+1-Octanol+ Ammonium Sulfate. *Journal of Chemical Engineering Data*, 52(3): 851-855.
- Gong, X., Lu, Y., Luo, G., 2009. Caprolactam recovery by a column packed with polysulfone microcapsules containing 1-Octanol. *Separation and Purification Technology*, 69(1): 71-77.
- Gong, X., Lu, Y., Luo, G., 2010. Phase Equilibrium Calculations in Mixtures Containing Caprolactam with a UNIFAC Model. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 18(2): 286-291.
- Van Delden, M.L., Kuipers, N.J.M., de Haan, A.B., Lerner, O., 2002. Evaluation of improved solvents for caprolactam extraction. *Proceedings of the International Solvent Extraction Conference, Cape Town, South Africa*, Chris van Rensburg Publications, Melville, 668-673.
- Van Delden, M.L., Kuipers, N.J.M., de Haan, A.B., 2004. Liquid-Liquid Equilibria and Physical Properties of the Quaternary Systems Water+Caprolactam+Ammonium Sulfate + Benzene and Toluene. *Journal of Chemical&Engineering Data*, 49(6): 1760-1770.
- Van Delden, M.L., Kuipers, N.J.M., de Haan, A.B., 2006. Selection and evaluation of alternative solvents for caprolactam extraction. *Separation and Purification Technology*, 51(2): 219-231.
- Van Delden, M.L., Vos, G.S., Kuipers, N.J.M., de Haan, A.B., 2007. Extraction of Caprolactam with Alternative Benign Solvent in a Pulsed Disc and Doughnut Column. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 25(5): 639-664.
- Windholz, M., Budavari, S., Stroumstos, L.Y., Fertig, M.N., 1976. *The Merck Index, An Encyclopedia of Chemicals and Drugs*, Ninth Edition, Merck&Co., Inc., Rahway, N.J., USA.
- Wikipedia, 2013. Caprolactam. <http://en.wikipedia.org/wiki/Caprolactam>, (Erişim Tarihi: 3 Haziran 2013).

Fenton ve Fenton-Benzeri İleri Oksidasyon Yöntemleri ile Acid Yellow 36 Boyar Maddesinin Giderimi

Nihal KOCAKAPLAN¹, Neşe ERTUGAY², Emine MALKOÇ¹

ÖZET: Bu çalışmada, Acid Yellow 36 (AY36) boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon yöntemi ile giderimi araştırılmıştır. Oksidasyon prosesine pH, demir (Fe⁰ ve Fe⁺²), hidrojen peroksit (H₂O₂) ve boyar madde konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. AY36 giderimi renk, aromatiklik ve KOI üzerinden izlenmiştir. Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonunda renk aromatiklikten daha fazla giderilmiştir. AY36 boyar maddesinin gideriminde, Fenton-benzeri oksidasyonun Fenton oksidasyon prosesinden daha etkili olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Acid Yellow 36, Fenton Proses, Fenton-benzeri proses, KOI

Removal of Acid Yellow 36 Dyestuff With Fenton and Fenton-Like Advanced Oxidation Methods

ABSTRACT: In this study, the decolorization of Acid Yellow 36 (AY36) dyestuff by Fenton and Fenton like oxidation method was investigated. The effect of pH, iron (Fe⁰ and Fe⁺²) hydrogen peroxide (H₂O₂) and concentration of dyestuff on oxidation process was determined. The removal of AY36 was determined by means of color, aromatic and COD. The color was more removed than aromatic in Fenton and Fenton-like oxidation. It was found that Fenton-like oxidation was more effective than Fenton oxidation process in removal of AY36 dyestuff.

Keywords: Acid Yellow 36, Fenton Process, Fenton-like process, COD

¹ Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, Erzurum, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: nertugay@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Azo boyar maddeleri tekstil elyafı boyama işleminde yaygın olarak kullanılmakta olup renkleri, biyolojik olarak zor ayrışabilirlikleri ve canlılar üzerinde potansiyel toksisite teşkil etmeleri nedenleriyle atıksu arıtımında problem yaratabilmektedirler (Reife and Freeman, 1996). Azo boyalar mikroorganizmalar tarafından kolayca degrade edilemezler. Azo boyalar tekstil atıklarının %60-70'inde bulunurlar. Bu boyalar solüsyonlarda çözünürler ve klasik arıtım teknikleriyle arıtımları oldukça zordur. Parlak renkleri, basit kullanımları ve düşük enerji maliyetleri nedeni ile sanayide oldukça sık kullanılırlar. Çok az konsantrasyonlarda bile suyun estetik özelliğini değiştirir ve çözünürlüğünü düşürürler. Fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde etkilerler, sucul ortamlarda ışığın penetrasyonunu azaltırlar ve yapılarındaki metaller, kloridler ve aromatikler nedeni ile sucul yaşamı olumsuz yönde etkilerler (Forgacs et al., 2004).

İleri Oksidasyon Prosesleri (AOP), toksik ve kalıcı özellikteki organik maddeleri hiçbir ayırım yapmadan zararsız son ürünlere dönüştürebilmektedir. Seçici olmayan ve hızlı bir şekilde su ortamındaki organik kirliliği okside eden $\cdot\text{OH}$ gibi reaktif türlerinin oluşumuna dayanan AOP; UV; UV/ H_2O_2 ; $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ (Fenton prosesi), $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^0$ (Fenton-benzeri), UV/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ (Foto-Fenton prosesi) gibi değişik modifikasyonlarda uygulanabilmektedir (Gül and Özcan Yıldırım, 2009). Fenton benzeri Fe^0 (ZVI) / H_2O_2 , Fenton oksidasyon prosesi Fe^{+2} ve H_2O_2 karışımı varlığında gerçekleştirilen bir seri oksidasyon ve pıhtılaştırma-yumaklaştırma uygulamasıdır. Oksidasyon uygulamalarında en güçlü oksidanlardan

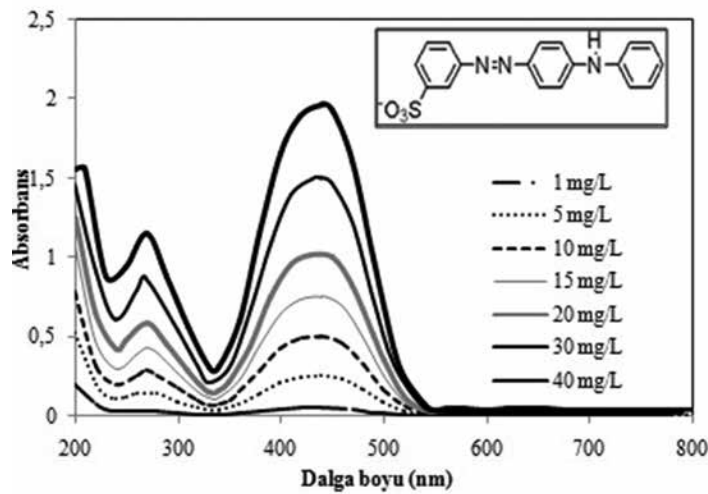
biri olan hidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$) bu proste üretilip kullanılmaktadır (Hanay and Hasar, 2007).

AY36 suda çözünebilen ve birçok endüstriyel alanda (deri, tekstil, kağıt) kullanılan bir boyadır (Khezrianjoo and Revanasiddappa, 2013). AY36 boyar maddesinin toksik özellikler gösterdiği, sucul ortamda balık ölüm oranlarını artırmasının yanı sıra renk değişimi, ağırlık kaybı gibi bir çok etkisi de belirlenmiştir (Malik, 2003).

Bu çalışmada azo grubu bir boyar madde olan AY36'nın Fenton ve Fenton- benzeri oksidasyon yöntemi ile sulu ortamdan giderilebilirliği araştırılmıştır. Fe^0 ve Fe^{+2} kullanılan ve kesikli olarak yürütülen çalışmada arıtma verimi; renk (absorbans azalması) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) parametreleri ile değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kullanılan boyar madde (AY36) Aldrich firmasından elde edilmiştir. Molekül formülü $\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$ olup molekül ağırlığı $375.38 \text{ g mol}^{-1}$ 'dir. AY36 boyar maddesinin molekül yapısı Şekil 1'de verilmiştir (Clarke et al., 2013). Şekil 1'den görüldüğü gibi, AY36 boyar maddesi için maksimum absorbanslar 270 nm ve 437 nm dalga boylarındadır. 270 nm absorbans değeri, boyaların yapısındaki naftalin ve benzen gruplarındaki $\pi-\pi^*$ geçişlerini, 437 nm'deki absorbanslar boyaların yapısındaki kromofor grubun ($-\text{N}=\text{N}-$) $n-\pi^*$ geçişlerini göstermektedir. Bu nedenle 200-400 nm dalga boyu arasındaki absorbans ölçümleri aromatiklik gideriminde, 400-800 nm dalga boyu arasındaki absorbans ölçümleri ise renk gideriminin izlenmesi için önemlidir (Yıldırım, 2009).



Şekil 1. AY36 boyar maddesinin moleküler yapısı ve farklı konsantrasyonlarda spektrum analizi

Fenton ve Fenton-benzeri ileri oksidasyon deneyleri oda sıcaklığında, değişen Fe^{+2} , Fe^0 ve H_2O_2 dozları için belirlenen pH değerinde gerçekleştirilerek renk, aromatiklik ve KOI giderimleri tespit edilmiştir.

Fenton ve Fenton-benzeri ileri oksidasyon prosesinde, istenilen konsantrasyonda hazırlanan boyanın ilk önce pH değeri ayarlanmıştır. Daha sonra sırasıyla Fe^0/Fe^{+2} ve H_2O_2 ilave edilerek 150 rpm karıştırma hızında 3 dakika ve 30 rpm karıştırma hızında 17 dakika karıştırıldıktan sonra 0,45 μm membran filtreden geçirilerek renk ve KOI ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümleri AY36 boyar maddesi için yapılan spektrum analizi sonucunda belirlenen 437 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak okunmuştur. Bütün deneylerde, absorbans azalmaları 3 kat seyreltilerek okunmuştur.

KOI analizleri ise 148°C'de Merck Spectroquant TR320'de Standart Metotlara göre 600 nm'de spektrofotometrik olarak yapılmıştır (APHA, 1985).

BULGULAR VE TARTIŞMA

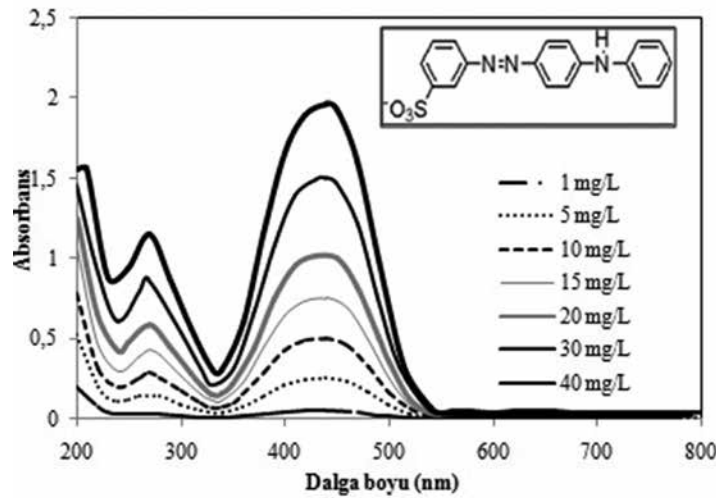
Fenton ve Fenton-benzeri Oksidasyonu ile AY36 Boyar Madde Giderimine pH'ın Etkisi

Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonda, 100 mg L^{-1} 'lik AY36 boyar maddesinin optimum pH değerinin belirlenmesi amacıyla pH 2.5–5 aralığında değiştirilmiştir.

Her iki proste renk ve KOI gideriminin düşük pH değerlerinde meydana geldiği Şekil 2'de görülmektedir. Fenton prosesinde pH=2.5 değerinde renk giderimi 437 nm dalga boyunda %89 iken KOI giderimi %34 civarındadır.

Şekil 2'de 270 nm dalga boyunda aromatiklik giderim verimlerinin 437 nm dalga boyunda elde edilen renk giderim verimlerinden kayda değer derecede düşük olduğu görülmektedir.

Bu aromatiklik gideriminin renk giderimi kadar etkili olmadığını kanıtlar.

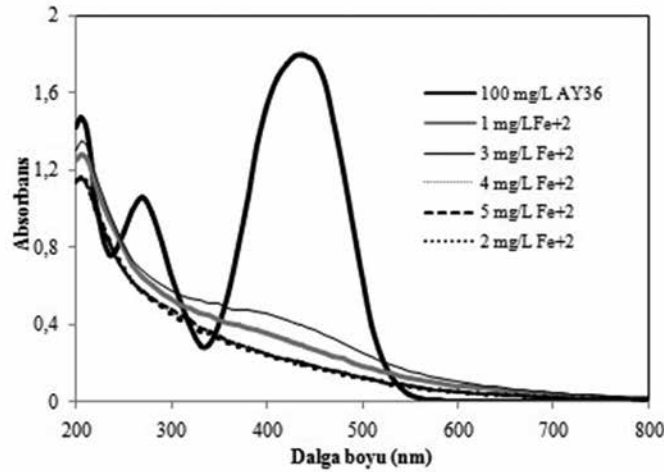


Şekil 2. Dalga boylarına göre aromatiklik giderim verileri

Fenton benzeri oksidasyonda pH=2.0 değerinde renk 437 nm dalga boyunda %92 oranında giderilirken pH=4.0'te giderim %11 değerine düşmüştür. Bunun sebebi, Fe^0 asidik şartlarda kolay bir şekilde çözünmez ve bu yüzden Fe^{+2} iyonları üretir ve üretilen Fe^{+2} iyonları OH oluşturmak üzere H_2O_2 ile reaksiyona girer. pH değerinin artması ile ise OH iyonlarının varlığında Fe^0 'dan kaynaklanan Fe^{+2} iyonları Fe^0 'ın yüzeyinde $FeOH$ çökeltileri oluşturabilir. Böylece reaktif bölgeler işgal edilmekte ve bu yüzden reaksiyon engellenmektedir (Fu et al., 2010).

Fenton ve Fenton-benzeri Oksidasyonu ile AY36 Boyar Madde Giderimine Fe^0/Fe^{+2} Konsantrasyonun Etkisi

H_2O_2 (100 mg L^{-1}) ve AY36 (100 mg L^{-1}) konsantrasyonları sabit tutularak, pH 2.5 değerinde, farklı Fe^0 (0.1 g L^{-1} , 0.2 g L^{-1} , 0.3 g L^{-1} ve 0.4 g L^{-1}) ve Fe^{+2} (1 mg L^{-1} , 2 mg L^{-1} , 3 mg L^{-1} , 4 mg L^{-1} ve 5 mg L^{-1}) konsantrasyonları değiştirilerek renk (absorbans azalması) ve KOI gideriminin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Şekil 3'de görüldüğü gibi, 2 mg L^{-1} Fe^{+2} konsantrasyonunda en yüksek absorbans azalması elde edilmiştir.

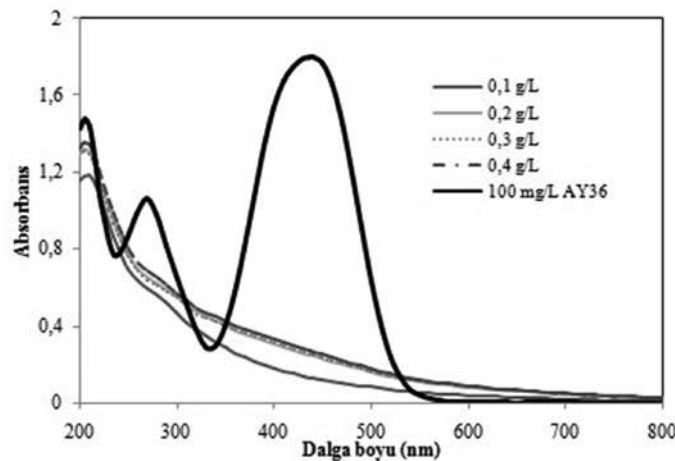


Şekil 3. Fenton oksidasyonu ile AY36 boyar maddesi giderimine Fe^{+2} konsantrasyonunun etkisi (AY36 kons.=100 mg L^{-1} , pH=2.5, H_2O_2 kons.=100 mg L^{-1})

Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon prosesinde 437 nm dalga boyundaki absorbans değerinde hem Fe^{+2} konsantrasyonlarında (Şekil 3) hem de Fe^0 konsantrasyonlarında (Şekil 4) azalma görülmüştür. 270 nm dalga boyunda ise absorbans azalması daha az izlenmiştir. Fenton oksidasyon prosesinde, AY36 boyar maddesi için yüzde aromatiklik giderimi 1,2,3,4 ve 5 mg L^{-1} Fe^{+2} konsantrasyonu için sırasıyla %39.04, %46.19, %35.94, %45.94 ve %46.09 olarak yüzde renk giderimi aynı konsantrasyonlar için sırasıyla %83.70, %89.26, %77.92, %88.93 ve %88.82 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde, Fenton-benzeri oksidasyon prosesinde, AY36 boyar maddesi için yüzde aromatiklik giderimi 0.1,

0.2, 0.3 ve 0.4 g L^{-1} Fe^0 konsantrasyonu için sırasıyla %43.93, %38.75, %39.88 ve %35.74 olarak yüzde renk giderimi aynı konsantrasyonlar için sırasıyla %92.66, %86.26, %85.87 ve %84.93 olarak belirlenmiştir.

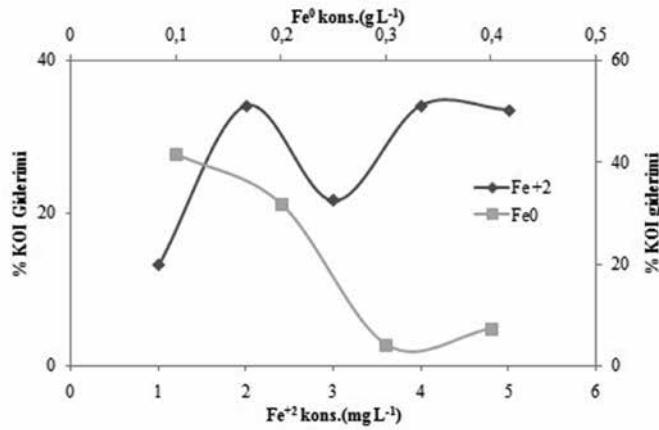
0.1 g L^{-1} Fe^0 konsantrasyonunda absorbansta büyük şekilde azalma var iken diğer konsantrasyonlarda renk absorbans azalması birbirine yakındır. Bunun sebebi, belli miktarlardaki Fe^0 , H_2O_2 üretimini artırmasına rağmen, fazlası H_2O_2 'nin ayrışmasını ve Fenton benzeri reaksiyonlardan üretilen oksidantların tüketilmesini hızlandırabilir (Zhou et al., 2009). Bu nedenle Fe^0 konsantrasyonu 0.1 g L^{-1} olarak alınmıştır.



Şekil 4. Fenton-benzeri oksidasyonu ile AY36 boyar maddesi giderimine Fe^0 konsantrasyonunun etkisi (AY36 kons.=100 mg L^{-1} , pH=2.0, H_2O_2 kons.=100 mg L^{-1})

AY36 boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon yöntemi ile artırımında farklı Fe^{+2} ve Fe^0

konsantrasyonlarında KOI gideriminde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.



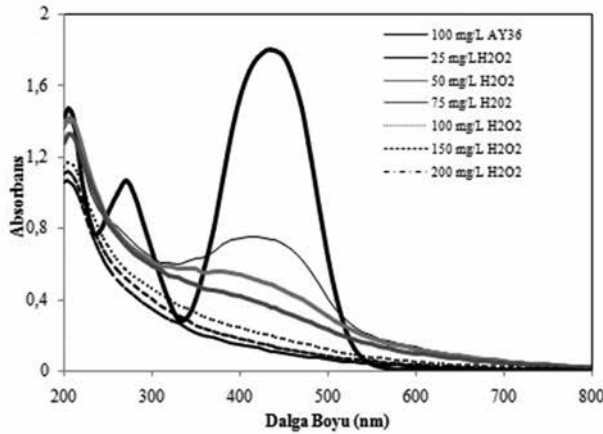
Şekil 5. AY36 boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonunda farklı Fe^{+2} ve Fe^0 konsantrasyonlarında KOI giderim verimleri (AY36 kons.=100 mg L⁻¹, H₂O₂ kons.=100 mg L⁻¹)

Şekil 5'ten görüldüğü gibi, renk gideriminin en yüksek olduğu Fe^{+2} ve Fe^0 konsantrasyonlarında KOI giderimi de en yüksektir.

2 mg L⁻¹ Fe^{+2} konsantrasyonunda KOI giderim verimi %34,08 iken 3 mg L⁻¹ Fe^{+2} konsantrasyonunda %21,66 değerine düşmüştür. Aynı şekilde, 0,1 g L⁻¹ Fe^0 konsantrasyonunda KOI giderim verimi %41,59 iken Fe^0 konsantrasyonunun 0,4 g L⁻¹ ye yükselmesi ile verim %7,21 değerine azalmıştır.

Fenton ve Fenton-benzeri Oksidasyonu ile AY36 Boyar Madde Giderimine H₂O₂ Konsantrasyonunun Etkisi

Fe^{+2} (2 mg L⁻¹), Fe^0 (0,1 g L⁻¹) ve AY36 (100 mg L⁻¹) konsantrasyonları sabit tutularak Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon prosesi ile AY36 boyar maddesinin giderimine H₂O₂ konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Renk gideriminin sonuçları absorbans azalması şeklinde ve KOI gideriminin sonuçları ise %giderim şeklinde Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir.



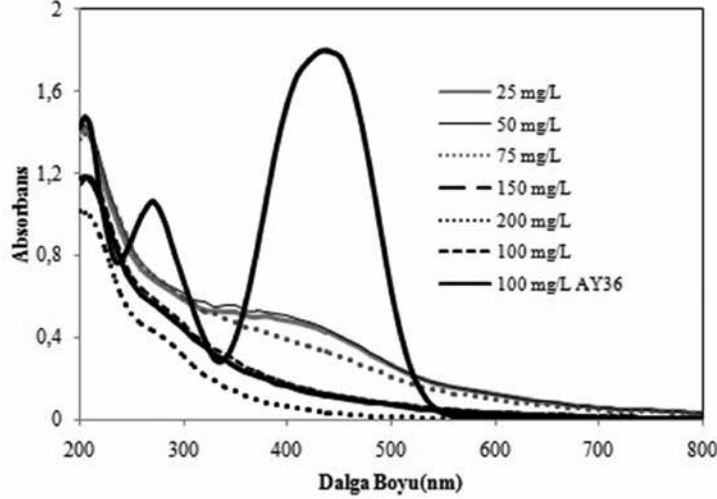
Şekil 6. Fenton oksidasyonu ile AY36 boyar maddesi giderimine H₂O₂ konsantrasyonunun etkisi (AY36 kons.=100 mg L⁻¹, pH=2,0, Fe^{+2} kons.=2 mg L⁻¹)

Şekil 6 ve Şekil 7'den de görüldüğü üzere, 25 mg L⁻¹'den 200 mg L⁻¹'ye kadar artan H₂O₂ konsantrasyonlarında gözlenen renk giderim verimi H₂O₂'in konsantrasyonu ile paralel bir artış göstermiştir. Çalışılan en düşük konsantrasyonda dahi renk

gideriminin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. H₂O₂ konsantrasyonunun 150 mg L⁻¹ ve 200 mg L⁻¹ değerine yükselmesi ile renkteki ani azalmanın yavaşladığı ve hemen hemen stabil hale geldiği gözlenmiştir. Bu nedenle Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon çalışmalarında H₂O₂

konsantrasyonu 100 mg L^{-1} olarak alınmıştır. $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^0$ ve H_2O_2 konsantrasyonundaki artışın renk ve KOI giderimini artırması, demir iyonlarının artması ile oksidasyon

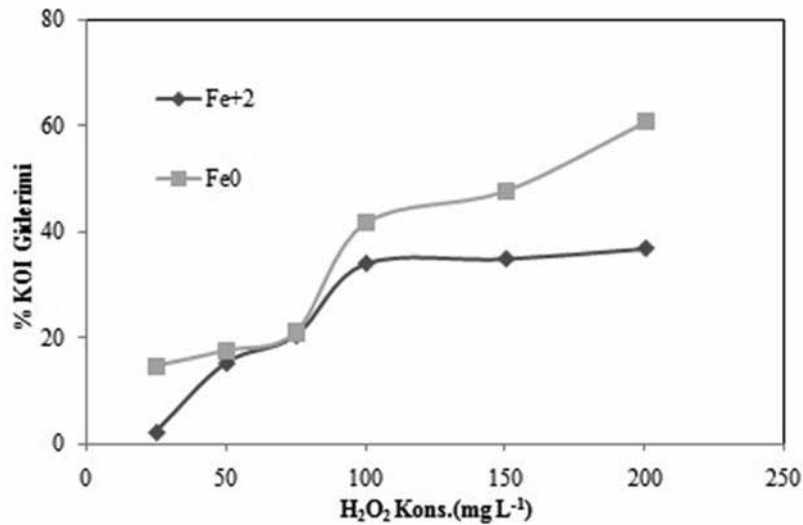
hızının artması, ancak H_2O_2 konsantrasyonunun kirlenmelerin parçalanmasına etkisinin daha büyük olması ile açıklanabilir (Dokuzoğlu et al., 2009).



Şekil 7: Fenton-benzeri oksidasyonu ile AY36 boyar maddesi giderimine H_2O_2 konsantrasyonunun etkisi (AY36 kons.= 100 mg L^{-1} , pH=2.5, Fe^0 kons.= 0.1 g L^{-1})

Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonu ile boyar madde gideriminde farklı H_2O_2 konsantrasyonlarında, 270 nm dalga boyunda H_2O_2 konsantrasyonunun artması ile absorbans değerlerinin azaldığı ancak 437 nm dalga boyunda absorbans değerlerindeki azalmanın daha fazla olduğu görülmüştür. H_2O_2 konsantrasyonu arttıkça renk giderimi aromatiklik

gideriminden daha fazladır. Fenton prosesinde 150 mg L^{-1} H_2O_2 konsantrasyonunda aromatiklik giderimi %51.26 iken renk giderimi %92.32'dir. Aynı şekilde, Fenton-benzeri oksidasyon prosesinde, 150 mg L^{-1} H_2O_2 konsantrasyonunda aromatiklik giderimi %46.66 iken renk giderimi %93.38 olarak bulunmuştur.



Şekil 8. Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonunda AY36 boyar maddesinin farklı H_2O_2 konsantrasyonlarında KOI giderim verimleri (AY36 kons.= 100 mg L^{-1} , Fe^{+2} = 2 mg L^{-1} , Fe^0 = 0.1 g L^{-1})

Şekil 8'de, H_2O_2 konsantrasyonunun artmasıyla KOI gideriminin de arttığı açık bir şekilde görülmektedir. KOI giderimi Fenton-benzeri reaksiyonlarda Fenton reaksiyonlarından daha fazladır. 25 mg L^{-1} H_2O_2 konsantrasyonunda Fenton reaksiyonu ile yaklaşık %2 oranında KOI giderilirken Fenton benzeri reaksiyonu ile %15 civarında KOI giderilmektedir.

Fenton ve Fenton-benzeri Oksidasyonu ile AY36 Boyar Madde Giderimine Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi

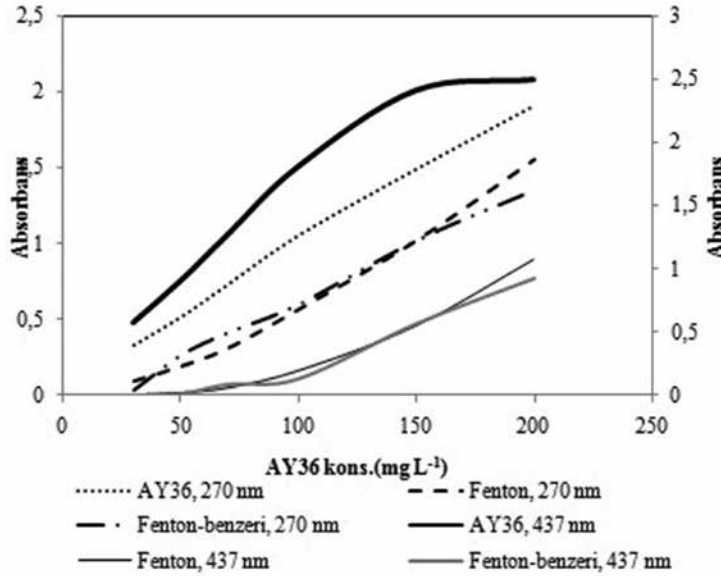
Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon prosesinde boyar madde konsantrasyonunun etkisi incelenirken;

AY36 boyar maddesi $30\text{-}200 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değiştirilmiştir.

Konsantrasyonun artması ile renk ve aromatiklik gideriminin de azaldığı (daha yüksek absorbans değerleri)

Şekil 9'da görülmektedir. Bunun nedeni, sabit H_2O_2 ve Fe^{+2}/Fe^0 konsantrasyonlarında, boya konsantrasyonunun artması ile daha fazla H_2O_2 'nin kullanılmasıdır (Liu et al., 2011).

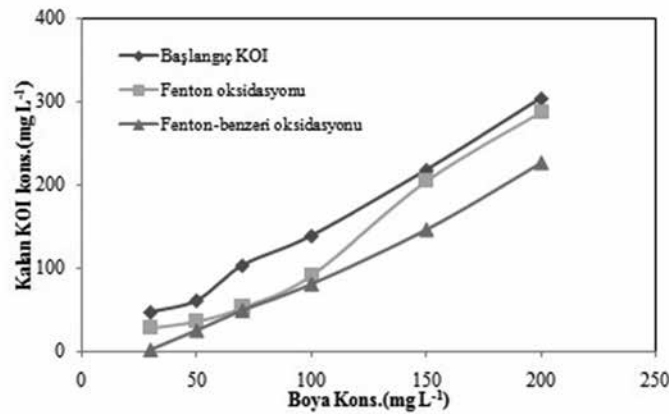
OH radikallerinin konsantrasyonu sabit kalacağı için, boya konsantrasyonunun artması ile giderme verimi azalır (Song and Li, 2009).



Şekil 9. AY36 boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonunda farklı boya konsantrasyonlarında absorbans değerleri (H_2O_2 kons.= 100 mg L^{-1} , $Fe^{+2}=2 \text{ mg L}^{-1}$, $Fe^0=0.1 \text{ g L}^{-1}$)

Fenton oksidasyonunda, 50 mg L^{-1} AY36 boyar maddesi için renk giderimi %97.78 iken 200 mg L^{-1} AY36 boyar maddesi için bu değer %57.24'e düşmüştür. Aromatiklik giderimi ise 50 mg/L boyar madde konsantrasyonunda %61.94 iken 200 mg L^{-1} konsantrasyonda %18.50 civarındadır.

Aynı durum Fenton-benzeri oksidasyonunda da geçerlidir. 50 mg L^{-1} boyar madde konsantrasyonu için renk giderimi %98.45 ve aromatiklik giderimi %49.12 iken 200 mg L^{-1} boyar madde konsantrasyonunda renk giderimi %63.28 ve aromatiklik giderimi ise %29.64 değerine düşmüştür.



Şekil 10: AY36 boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyonunda farklı boya konsantrasyonlarında ortamda kalan KOI miktarları (H_2O_2 kons.=100 mg L⁻¹, Fe^{+2} =2 mg L⁻¹, Fe^0 =0.1 g L⁻¹)

AY36 konsantrasyonunun artması ile başlangıç KOI değerleri artmakta ve buna paralel olarak KOI giderim verimi azalmaktadır. Şekil 10'da Fenton-benzeri oksidasyon yöntemi ile KOI gideriminin Fenton oksidasyon yöntemi ile KOI gideriminden daha yüksek olduğu görülmektedir. 150 mg L⁻¹ (217.81 mg L⁻¹ KOI) konsantrasyonunda boyar madde için KOI giderimi Fenton oksidasyonu ile %6.09 iken Fenton-benzeri oksidasyon ile %32.78'dir.

SONUÇLAR

AY36 tekstil endüstrisi boyar maddesinin Fenton ve Fenton-benzeri oksidasyon prosesleri ile arıtımında yüksek renk, aromatiklik ve KOI giderimi elde edilmiştir. Fenton oksidasyon prosesinde en yüksek giderim pH=2.5 değerinde, Fenton-benzeri oksidasyonda ise pH=2.0 değerinde elde edilmiştir. Renk gideriminde Fe^{+2} ve Fe^0 konsantrasyonlarının, KOI gideriminde ise H_2O_2 konsantrasyonunun daha etkili olduğu bulunmuştur. AY36 boyar maddesinin Fenton-benzeri oksidasyon yöntemi ile daha iyi giderildiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- APHA, AWWA and WPCF ,1985. Standart Methods For the Examination of Water and Wastwater. Sixteenth Edition, Washington, DC.
- Clarke,C.E., Kielar,F., Johnson, K.L., 2013. The oxidation of acid azo dye AY 36 by a manganese oxide containing mine waste. Journal of Hazardous Materials, 246: 310– 318.

- Dokuzoğlu, Z.,Alkan, U., Yentürk, A., 2008. Reaktif Boyar Madde İçeren Tekstil Atıksularının İleri Oksidasyonu.Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 13(2):119-128.
- Forgacs, E., Cserhádi, T., Oros, G., 2004. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. Environment International, 30: 953– 971.
- Gül,Ş., Ozcan Yıldırım, Ö., 2009. Degradation of Reactive Red 194 and Reactive Yellow 145 azo dyes by O_3 and H_2O_2 /UV-C processes. Chemical Engineering Journal, 155: 684-690.
- Hanay, Ö., Hasar, H., 2007. Fenton oksidasyon prosesi ile tekstil endüstrisi atıksuyunda renk giderimi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimler Dergisi, 19(4): 505-509.
- Liu, X., Qiu, M., Huang, C., 2011. Degradation of the Reactive Black 5 by Fenton and Fenton like system.Procedia Engineering, 15: 4835 – 4840.
- Malik, P.K., 2003. Use of activated carbons prepared from sawdust and rice-husk for adsorption of acid dyes: a case study of Acid Yellow 36. 56(3): 239–249.
- Reife, A., Freeman, S., 1996. Environmental Chemistry of Dyes and Pigments, John Wiley&Sons, Inc., Kanada.
- Sajjad Khezrianjoo and Hosakere Doddarevanna Revanasiddappa,2013. Photocatalytic Degradation of Acid Yellow 36 Using Zinc Oxide Photocatalyst in Aqueous Media. Journal of Catalysis.
- Song, Y., Li, J., 2009. Degradation of C.I. Direct Black 168 from aqueous solution by fly ash/ H_2O_2 combining ultrasound. Ultrasonics Sonochemistry, 16: 440–444.
- Yıldırım, A.Ö., 2009. Bazı Reaktif Boyar Maddelerin İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Parçalanmasının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Zhou, T., Lu, X., Wang, J., Wong, F.S., Li, Y., 2009. Rapid decolorization and mineralization of simulated textile wastewater in a heterogeneous Fenton like system with/ without external energy. Journal of Hazardous Materials, 165:193-199.

Adsorption Kinetics of Pb²⁺ Removal from Aqueous Solutions Using Spent Batteries

Isaiah Adesola OKE¹

ABSTRACT: Lead poison and lead in drinking water sources are common reports nowadays. This paper presents a report on removal of lead ion from aqueous solution using a household waste (used batteries). Spent batteries were collected, sectioned; carbon rods were removed and ground into powder. Powdered Carbon Rods (PCR) were sieved into different particle sizes. Adsorption properties of the adsorbent were studied using synthetic lead solutions and typical wastewaters with a particular attention to kinetics models and cost analysis. The study revealed that kinetic models can be grouped into two based on the values of correlation coefficient (R^2) as adsorption kinetics models with R^2 less than 0.96 and adsorption kinetics models with R^2 greater than 0.96. The adsorption kinetic of Pb²⁺ onto PCR at different pH were 0.250 (l h⁻¹), 0.375 (mg g⁻¹) with $R^2 = 0.855$ and 0.095(l h⁻¹), 0.169(mg g⁻¹) with $R^2 = 0.992$ at initial pH of 7.2 and 3.2 respectively for Pseudo first-order. Applicability of the process to typical wastewaters and raw water samples showed that PCR can be used as an adsorbent for Pb²⁺ removal from aqueous solutions. The study concluded that the mechanism of adsorption of Pb²⁺ onto PCR as an adsorbent followed two-steps intra-particle and pore diffusion transport. The average costs of producing a kilogram of powdered carbon rods were found to be 0.875USD and 1.018 USD for public and generator electricity sources respectively. The cost producing PCR is dearer compared to the cost of producing empty fruit bunches (0.50USD kg⁻¹), 0.068 USD kg⁻¹ of powdered corn cob, cheaper compared to the cost of producing pencon shell based activated carbon (2.72 USD kg⁻¹) and sugar cane based granular activated carbon by steam (3.12 USD kg⁻¹).

Keywords: Used batteries, PCR, adsorption properties, lead removal, adsorption kinetics

Atık Pilleri Kullanarak Sıvı Çözeltilerden Kaldırılan Pb²⁺'nin Adsorpsiyon Kinetiği

ÖZET: İçme su kaynaklarındaki kurşun ve kurşun zehri günümüzde yaygın olarak ifade edilmektedir. Bu çalışma evsel bir atık (kullanılmış pil) kullanarak, sıvı çözeltiden kurşun iyonlarının kaldırılması üzerine bir bilgi sunmaktadır. Kullanılmış piller toplanılıp kesitlerine ayrıldıktan sonra, karbon çubukları çıkarıldı ve öğütüldü. Adsorbentlerin adsorpsiyon özellikleri kinetik modeller ve maliyet analizleri dikkate alınarak, tipik kirleticiler ve sentetik kurşun çözücüler kullanılarak çalışıldı. Korelasyon katsayısı değerlerine göre mevcut çalışma kinetik modellerin iki şekilde gruplandırılabilceğini ortaya koydu. Farklı pH değerlerinde (7.2 and 3.2) PCR üzerine Pb²⁺'nin adsorpsiyon kinetiği, sırasıyla $R^2 = 0.855$ de 0.250 (l/h), 0.375 (mg/g) ve $R^2 = 0.992$ de 0.095(l/h), 0.169(mg/g) idi. Tipik kirleticiler ve ham su örnekleri, PCR'nin sulu çözeltilerden Pb²⁺'nin kaldırılması için bir adsorbent olarak kullanılabilceğini gösterdi. Maliyet analizleri ortalama 1 kg karbon çubukları üretmenin ortak ve ortak olmayan elektrik kaynakları için sırasıyla 0.875USD ve 1018 USD mal olacağını gösterdi. Çalışma, bir adsorbent olarak PCR üzerine Pb²⁺ adsorpsiyon mekanizmasının iki adımda gerçekleştiği ortaya çıktı.

Anahtar kelimeler: Atık piller, PCR, adsorpsiyon özellikleri, kurşun kaldırımı, adsorpsiyon kinetikleri

¹ Department of Civil Engineering, ObafemiAwolowo University, Ile-Ife, Nigeria
Sorumlu yazar/Corresponding Author: okeia@oauife.edu.ng

INTRODUCTION

Pollutants such as heavy metals, volatile organic compounds and dissolved solids are found in wastewaters. They are removed on adsorbents such as activated carbon, clay and sediments in riverbeds and in suspension. Over the years, the role of adsorption in wastewater and water treatment had been critically investigated. Adsorption of heavy metals onto suspended particles had been studied as a model of transportation of metals in rivers and sea. The effects of chemical composition and particle size on adsorption by suspended particles had also been studied. Adsorption of phenol, parabromophenol and benzenesulphonate by carbon had been examined by Sheindorf et al, (1982). Adsorption of colloid by activated sludge and adsorption of bovine serum albumin by activated sludge had been investigated (Crombie-Quilty and McLoughin, 1983). Johannes and Johan (2002) reported the performance of granular activated carbon at three South African water treatment plants while Michele and Johannes (2004) gave practical experiences with granular activated carbon at the Rietvel water treatment plant.

Attention had mostly been on carbon as adsorption materials and indeed had documented not less than 37 sources of carbon, which had been studied as adsorbents for the removal of water pollutants. However, three problems associated with the use of carbon for the adsorption of pollutants in a regular volume of waters are its relatively high cost in making renovation of water by this means very expensive; the fragility of present types of activated carbon makes the regeneration and reuse of activated carbon difficult; and activated carbon is virtually limited to the removal of non-polar materials. The literature pertaining to the occurrence of lead in the environment and its relationship to human health is quite extensive and spans a wide variety of disciplines, including the fields of medicine, environmental and occupational health, toxicology, environmental geology, petrology, geochemistry, economic geology, hydrogeology, and soil science. Consequently, any attempt to summarize the state of knowledge concerning lead and environmental health is necessarily limited to a broad overview. Lead in wastewater comes mainly from the discharge of battery manufacturing, printing, dyeing and other industries. Other major sources of lead in the environment include lead-based paint, household dust and food containers. Lead has been found to be acute toxic to human beings when present in high amounts in water. Studies have shown that young children, infants and pregnant women are particularly susceptible to unsafe lead levels. For adults, increased levels of lead have been linked to high blood pressure and damaged

hearing. Drinking, eating, inhaling even at low level of lead can cause other serious health effects. However, most technologies presently employed for lead removal are based on physicochemical processes, such as dilution, adsorption, coagulation and flocculation, chemical precipitation, oxidation, ion-exchange, reverse osmosis and ultra-filtration. Among these processes, adsorption technology is attractive for the lead treatment from the wastewater, due to its easy availability, simplicity of design, high efficiency, ease of operation, and ability to treat dyes in more concentrated form. The importance of adsorption as water purification process has been documented in literature. Ho (2007) reported that about 9058 articles have been published on adsorption of materials.

These indicate that adsorption process is an important process in environmental pollution control, but adsorption of lead onto powdered carbon from used dry cells is rare in literature, which calls for documentation of lead adsorption onto this house hold waste considering effects of lead on human's health and on the environment and availability of dry cells as solid waste in developing countries such as Nigeria (Oke et al., 2007 a and b); Iran (Zand and Abduli, 2008; Almeida et al., 2009). The main aim of this study was to investigate removal of lead from synthetic water using house hold waste of carbon rods from dry cells.

MATERIALS AND METHODS

Spent (Used) dry cells (R_{20S} Size D UM-1) were collected from 2002 to 2009 from dustbins, solid waste dump site and street collections. The batteries (dry cells) were characterized, dismantled (sectioned vertically) and the carbon rod (cathode) were removed, washed with distilled water and air dried. The cathodes removed were characterized and ground into powder. Powdered Carbon Rods (PCR) were sieved into different particle sizes. Properties of the powdered carbon rods (moisture content, water solubility, acid solubility, ash, and volatile solid and metallic contents) were determined. Structures (micrograph, presented in another article) of the adsorbent were examined to ascertain its nature and porosity. Adsorption properties of the adsorbent were studied using synthetic lead solution and typical wastewaters (raw water and domestic institutional wastewater) with a particular attention to kinetics models. Cost analysis of PCR processing was conducted based on literature and presented economics. PCR was selected based on availability in developing countries as solid wastes.

Moisture content: a well mixed samples of PCR were evaporated in a weighed dishes to a constant weight in an oven at 105°C (APHA, 1998). In detail, the samples were weighed initially, dried in the oven at 105 °C for 24 hours, cooled in desiccators and reweighed. The decreased in the weight of the PCR represents the moisture content as follows:

$$M_c (\%) = 100 \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) \quad (1)$$

Volatile solid and ash content: Known masses of dried samples used for moisture content determination were placed in crucible dishes and transferred into a muffle furnace. The furnace was heated to 550°C for 2 hours (APHA, 1998). The samples were cooled in desiccators to balance the temperature and the final weights were measured. Volatile solid and ash content of PCR were calculated as follows (APHA, 1998):

$$VS (\%) = 100 \left(\frac{W_2 - W_3}{W_2} \right) \quad (2)$$

$$Ash (\%) = 100 \left(\frac{W_3}{W_1} \right) \quad (3)$$

Water and acid solubilities: Known dried masses of the samples were soaked in 300 ml of distilled water and in 300 ml of 0.25 M of HCl(hydrochloric acid) for 24 hours respectively. The samples were filtered out using pre-dried and weighted filter paper (Number 1). The samples and the filter paper were dried in the oven at 105°C for 24 hours, cooled in desiccators to balance the temperature and the final weights were measured. Water and acid solubilities of PCR were calculated as follows (APHA, 1998):

$$WS (\%) = 100 \left(\frac{W_2 - W_4}{W_2} \right) \quad (4)$$

$$AS (\%) = 100 \left(\frac{W_2 - W_5}{W_2} \right) \quad (5)$$

Metal concentrations: A known mass (1.0g) of the PCR was digested using nitric acid digestion method (APHA, 1998) and chemical components of the adsorbent were determined using standard methods (APHA, 1998). Specifically, 1.0 gram of PCR was digested using nitric acid and total metal concentrations

were determined using spectrometry method. Metal concentrations were computed as follows:

$$M_c (mg / L) = \left(\frac{A * B}{W_1} \right) \quad (6)$$

In the preparations of lead solutions, procedures specified in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998) were followed. Specifically a known mass (1.599g) of lead nitrate (Pb(NO₃)₂) was dissolved in 200ml of distilled water, 10 ml of concentrated HNO₃ was added, diluted to 1000ml mark using distilled water and working solutions were prepared from the stock solution. In the determination of adsorption capacities, 300ml of the lead solutions containing a known concentration (mg/L) of Pb²⁺ were taken into five different beakers and known masses (0.3, 0.5, 0.7, 1.0 and 1.2g) of the adsorbent were added at a known initial pH. The mixture was stirred at 60 revolutions per minute (rpm) for 2 minutes and allowed to settle for 18 hours (when equilibrium concentrations have been reached). The supernatant of the samples taken were filtered through Whatman filter paper number 40 to prevent particulate. Determinations of lead concentrations were conducted using spectrophotometer method (APHA, 1998) and spectrophotometer facilities available at Central Science Laboratory Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Kinetics parameters and percentage lead adsorbed were computed by using equations (7 and 8) as follows:

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)}{M} V \quad (7)$$

$$R_R (\%) = 100 \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \quad (8)$$

Effects of pH, initial Pb²⁺ concentration and particle size of the PCR on adsorption kinetic were studied.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of this study have been presented and discussed in the following ways: properties of cathode,

adsorption properties (kinetics models) of Pb^{2+} onto PCR and cost analysis of producing PCR.

Types of Spent Batteries: Figure 1 (a and b) presents various R_{20S} Size D UM-1 batteries collected. Out of about 150, 000 spent batteries collected the orders of their numbers are as follows: Tiger > flash > Xion Jian > Berec (England and Nigeria) > Duracell > others. Figure 1(c_i and c_{ii}) presents vertical section (dismantled) batteries as presented in another paper (Oke et al., 2010).

Characterisation of the cathode: Table 1 presents physical properties and chemical composition of the cathode. From the table it can be seen that it contains no cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr) chloride (Cl), sulphate (SO_4^{2-}), lead (Pb^{2+}), manganese (Mn) and zinc (Zn). This indicates that utilization of PCR as an adsorbent cannot impose any danger or harm on the environment and human's health rather it will help in cleaning the environment as follows:

✧ Removal of Pb^{2+} by PCR (as it is known that lead is toxic and harmful to man);

✧ Removal of spent batteries reduces solid wastes disposal problem as in developing countries there is no law against disposing the waste in the municipal waste. Literature such as Almeida et al (2006) present properties of AA household alkaline batteries (Table 1a).

Adsorption kinetics: Adsorption kinetics information is the most important in understanding adsorption processes. No matter how many components are present in the system, the adsorption kinetics models are the essential ingredients for an understanding of how much of those components can be accommodated by a solid adsorbent. This information can be used to study the adsorption kinetics of a single component, adsorption equilibria of the systems, and then adsorption kinetics of multi-component systems. The adsorption data of Pb^{2+} on the PCR were obtained at different particle sizes, pH, initial concentration of Pb^{2+} , stirring speed, contact time and temperatures. The data obtained were replicated and the averages were used for the adsorption kinetics. Oke et al (2008) reported that the nature of the adsorption reaction can be described by relating the adsorption capacity (mass of solute adsorbed per unit mass of adsorbent) to the concentration of the solute remaining in the solution. Such a relation is known as adsorption kinetics (dynamics). There are many basic adsorption kinetics models, which include frequently used kinetics models such as pseudo first and second orders, Elovich and intra particle diffusion models (Alam et al., 2007;

Oke et al., 2008; Yasmin et al., 2009); solid diffusion, driving force, Vermeule; and Nakao and Suzuki models (Ryu et al., 2001). Zero order, first order, second order and Fractional power (Yasmin et al., 2009).

Figures 2 - 7 present the relationship between adsorption capacity and contact time under various operational conditions. From the Figures, it can be seen that the relationship between adsorption capacity and time for Pb^{2+} removal by PCR was of two parts. The first part is linear and the latter part is logarithmic (curve) for synthetic solutions and typical wastewater (raw water and domestic institutional wastewater). This behavior can be attributed to solute – solute competition, the solute –surface interaction, ionic radii, hydration capacity, pH, electro negativity and availability of sites on the adsorbent (Ulamm et al., 2003). In order to investigate in detail the mechanism of adsorption rate for the adsorption of Pb^{2+} onto PCR, the rate constants were determined by applying the equations of Lagergren (pseudo first order), pseudo second order, Elovich and intraparticle diffusion mechanisms. The pseudo first-order equation is generally expressed as follows:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_i (q_e - q_t) \quad (9)$$

After integration and applying boundary conditions $t = 0$ to $t = t$ and $q_t = 0$ to $q_t = q_t$, the integrated form of Equation (9) becomes (Alam et al., 2007; Oke et al., 2008; Yasmin et al., 2009):

$$q_t = q_e \left(1 - \exp^{-\frac{k_i}{2.303} t} \right) \quad (10)$$

$$\log_e (q_e - q_t) = \log_e (q_e) - \frac{k_i}{2.303} t \quad (11)$$

The values of $\log_e (q_e - q_t)$ were linearly correlated with contact time (t). The plot of $\log_e (q_e - q_t)$ against contact time should give a linear relationship from which k_i and q_e can be determined from the slope and intercept of the graph, respectively. Tables 2 - 5 and Figure 8 show the pseudo-first order model and their values, respectively. These values range from 0.045 to 0.250 $L h^{-1}$ and 0.149 to 0.375 $mg g^{-1}$ for k_i and q_e .

respectively. Literature reported (Alam et al., 2007; Erhan et al., 2004; Oke et al., 2008; Yasmin et al., 2009) that pseudo second-order adsorption kinetic rate equation is expressed as shown in equation. (12):

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (12)$$

Yasmin et al 2009 reported that integrating equation (12) and rearrangement gives equation (13)

$$q_t = \frac{k_2(q_e)^2 t}{1 + k_2(q_e)t} \quad (13)$$

Equation (14) can be linearized as:

$$\left(\frac{t}{q_t}\right) = \frac{1}{k_2(q_e)^2} + \frac{1}{q_e}t \quad (14)$$

The plot of (t/q_t) and t of Equation (14) should give a linear relationship from which q_e and k_2 can be determined from the slope and intercept of the plot respectively. Tables 2 - 5 and Figure 9 show more data about this adsorption kinetic model. The values of k_2 and q_e in pseudo second-order range from 0.749 to 14.795 g mg⁻¹ h and 0.134 to 0.621 mg g⁻¹ respectively. The Elovich model equation is generally expressed as indicated in equation (15):

$$\frac{dq_t}{dt} = a \exp(-bq_t) \quad (15)$$

Oke et al 2008 simplify Elovich equation as shown in equation (16)

$$q_t = \frac{1}{b} \log_e(ab) + \frac{1}{b} \log_e(t) \quad (16)$$

If lead adsorption fits the Elovich model, a plot of q_t against $\log_e(t)$ should yield a linear relationship with a slope of $(1/\beta)$ and an intercept of $(1/\beta) \log_e(\alpha\beta)$. Tables 2-5 and Figure 10 presents more data on this adsorption dynamic model.

For Pb²⁺ solutions the values of β and α were found to be in the range of 7.722 to 10.084 g mg⁻¹ and 0.381 to 0.638 mg g⁻¹.h respectively. The intraparticle diffusion model is expressed as Equation (17)

$$R_R = k_{id}(t^\alpha) \quad (17)$$

$$F = 1 - \frac{6}{\Pi^2} \exp(-B_b t) \quad (18)$$

$$F = \frac{q_t}{q_e} \quad (19)$$

q_e and q_t represent the amount of Pb²⁺ sorbed (mg g⁻¹) at equilibrium and any time t , respectively. To compute $B_b t$, equation (20) is substituted into Equation (19) and the kinetic expression becomes

$$B_b t = -0.4977 - \ln\left(1 - \frac{q_t}{q_e}\right) \quad (20)$$

CONCLUSIONS

It can be concluded based on the study that:

- PCR can be used to remove Pb²⁺ from aqueous solution, typical raw water and wastewaters
- the mechanism of adsorption of Pb²⁺ onto PCR as an adsorbent follows two-steps, namely intra-particle and pore diffusion transport.

ACKNOWLEDGEMENT

I wish to thank Directorate of Linkages and Sponsored Research, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife for supporting the research through Scientific Communication and Publishing training given to the main author (OKE, I.A) at Training Centre in Communication (TCC) in Kenya. The author wishes to acknowledge Mr. AGBOGUNLERI Olamide Jubril (CVE/2001/093) and Mr. OWOSENI Temitope Iyiola (CVE/2001/093) of Department of Civil Engineering, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife (Nigeria) for their roles in the determination of lead concentrations and procurement of PCR used in the study. I wish to acknowledge Professor Y. S. Ho of the Department of Chemical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong for the provision of facilities and materials

on adsorption. In addition a big thanks to Korean Journal of Chemical Engineers for providing materials on adsorption and adsorbents all for this study.

SYMBOLS

- M the mass of the adsorbent added (g),
 R_R the percentage pollutant adsorbed (%);
 V the volume of the sample used (300ml) = 0.3L;
 q_e the equilibrium solid-phase concentration of sorbate (mg mg^{-1});
 q_t the solid-phase concentration of sorbate at t time (mg mg^{-1});
 C_0 the initial concentration of arsenic in the solution (mg l^{-1});
 C_e the experimental concentration in the solution at equilibrium (mg l^{-1})
 C_t the experimental concentration in the solution at time t (mg l^{-1}).
 k_1 the pseudo first-order constant,
 k_2 the pseudo second -order constant
 α and β Elovich constants
 k_{id} and a intraparticle diffusion constants ,
 t treatment time .
 B_b constant
 F the fractional attainment of equilibrium at time t
 DI domestic institutional wastewater;
 RW raw water.

REFERENCES

- Alam, Z.M.D., Muyibi, S.A., Mansor, M.F and Wahid, R., 2007. Activated carbons derived from oil palm empty fruit bunches: Application to environmental problems. *Journal of Environmental Sciences*, 19(1):103-108.
- Almeida, M. F., Xará, S. M., Delgado, J and Costa, C. A., 2009. Laboratory study on the behaviour of spent AA household alkaline batteries in incineration. *Waste Management*, 29:342–349.
- APHA., 1998. Standard method for the examination of water and wastewater, 20th edn, America Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC.
- Boyd, G.E., Adamson, A.W and Myers, L.S., 1947. The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites, *J. Am. Chem. Soc.* 69:2836–2848.
- Crombie-Quilty, M.B and McLoughin, A. J., 1983. The adsorption of bovine serum albumin by activated sludge. *Water Research*, 17:39-45.
- Ho, Y.S., 2007. Bibliometric analysis of adsorption technology in environmental science. *Journal of Environmental Protection Science*, 1:1-11.
- Ho, Y.S and G. McKay., 1998a. A comparison of chemisorption kinetic models applied to pollutant removal on various sorbents, *Process. Saf. Environ. Protect*, 76 (B4): 332–340.
- Ismail, A., D.B, Adie., I. A., Oke., J.A Otun., N.O. Olarinoye., Lukman, S and C.A. Okuofu., 2009. Adsorption kinetics of cadmium ions onto powdered corn cobs. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 87: 896 – 906.
- Johannes, H and Johan, O., 2002. Granular activated carbon performance at three south africa water treatment plants. *Water SA Special edition*. 36-42.
- Michele, C and Johannes, H., 2004. Practical experiences with granular activated carbon at the rietvel water treatment plant. *Water SA*. 30: 88-96.
- Oke, I. A, Umoru, L.E and Ogedengbe, M.O., 2007a. Properties and stability of a carbon-resin electrode. *Journal of Materials and Design*. 28(7):2251-2254.
- Oke, I. A., Olarinoye, N.O and Adewusi, S.R.A., 2008. Adsorption kinetics for arsenic removal by untreated powdered eggshell from aqueous solutions. *Journal of Adsorption Society*, 14(1): 85-92.
- Oke, I. A., Umoru, L.E and Ogedengbe, M.O., 2007b. 2^k factorial experiments on factors that influence stability of carbon resin electrodes. *FUTAJEET*, 5(2):135-141.
- Otun, J.A., Oke, I.A., Olarinoye, N.O., Adie, D.B and Okuofu, C.A., 2006a. Factors that influence adsorption using 2^k factorial experiment. *Journal of Applied Sciences*, 6 (11): 2432- 2437.
- Otun, J.A; Oke, I.A; Olarinoye, N.O; Adie, D.B and Okuofu, C.A., 2006b. Adsorption isotherms of Pb(II), Ni(II) and Cd (II) onto PES. *Journal of Applied Sciences*, 6(11): 2368- 2376.
- Ryu, Y.K; S.J. Lee; J.W. Kim and C.H. Lee., 2001. Adsorption equilibrium and Kinetics of H₂O on Zeolite 13 X. *Korean J.. Chem. Eng.* 18(4):525-530.
- Ulmanu, M., Anyer I., Maran-Muson, E., Peliez; C. C., Teadorescu, T. and Moreh, E., 2003. Single and competitive separation of copper and cadmium from aqueous solution on adsorbent materials. *J. of Env.iron. Prot. and Eco.*, 4(1): 179-186.
- Yasmin, K.; K. Mody; S. Basha, S and Jha. B., 2009. Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies on biosorption of hexavalent chromium by dead fungal biomass of marine *Aspergillus niger*. *Chemical Engineering Journal*, 145:489–495.
- Zand, A.D and Abduli, M.A., 2008. Current situation of used household batteries in Iran and appropriate management policies. *Waste Management*. 28: 2085–2090.

Assessment and Optimization of Electrochemical Treatment of Typical Raw Water

Isaiah Adesola OKE¹, Ezekiel. Oluwaseun FEHINTOLA², Olumuyiwa .Adewale OBIJOLE²,
Olutoyin FASUYİ- ENANG³, Enoch.Adedayo ADEKUNBİ², Hammed .Olawale OLOYEDE²

ABSTRACT: This article provides a brief report on electrochemical treatment of selected raw water. Raw water samples were collected from selected villages in Katsina and Osun states, Nigeria. These water samples were subjected to electrochemical treatment using statistical methods (orthogonal technique). Selected pollutants were monitored in term of water quality. Operational factors were optimized using steepest ascent technique and environmental engineering application of the findings was provided. The study revealed that factor with significant effects on efficacy of electrochemical treatment plant process at 99.5% confidence levels are sedimentation time, treatment time, chlorine added, and turbidity. Model equation for efficacy of the process based on the selected factors can be expressed as $60.68 - 2.26T_u + 1.30Cl_d + 1.10T_s + 0.66S_t - 0.22D_b$. Operating cost of the process in US dollar (USD) can be expressed as $0.016 E_s$, while size of the required sedimentation tank per unit volume can be expressed in relation to optimum treatment time as $6.538 R_t$. It was concluded that the system is cost effective, economical and effective in removing selected pollutants.

Keywords: Statistical techniques, raw water, electrochemical treatment, sedimentation, pollutants

Arıtılmamış Suyun Elektrokimyasal Muamele ile Değerlendirilmesi ve Optimizasyonu

ÖZET: Bu makalede, arıtılmamış suyun elektrokimyasal muamele üzerine kısa bir bilgi vermektedir. Ham su örnekleri Nijerya'nın Katsina ve Osun eyaletlerindeki seçilmiş köylerden toplandı. Bu su örnekleri istatistiksel yöntemler kullanılarak elektrokimyasal muameleyle tabii tutuldu ve su kalitesi bakımından değerlendirme yapıldı. Operasyonel faktörler en dik çıkış tekniği kullanılarak optimize edildi ve basit çevresel mühendisliği uygulamaları sağlandı. Çalışma, %99.5 güven seviyesinde elektrokimyasal proseslerin etkinliği üzerine sedimantasyon zamanı, muamele süresi, eklenen klor ve bulanıklık gibi faktörlerin önemli bir etkiye sahip olduğunu gösterdi. Seçilen faktörler baz alındığında prosesin etkinliği için model eşitliği, $60.68 - 2.26T_u + 1.30Cl_d + 1.10T_s + 0.66S_t - 0.22D_b$ olarak ifade edilebilir. Seçilmiş kirleticileri kaldırmada sistemin ekonomik ve tasarruflu olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: İstatistiksel teknik, ham su, elektrokimyasal muamele, sedimantasyon, kirleticiler

¹ Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Civil, Civil Engineering, Ile-Ife, Nijerya

² Caleb University, Science, Chemistry and Biochemistry, Lagos, Nijerya

³ Adeyemi College of Education, Science, Chemistry, Ondo, Nijerya

Sorumlu yazar/Corresponding Author: okeia@oauife.edu.ng

INTRODUCTION

Water is essential for all forms of life. Water covers about 73 percent of the Earth's surface. The quality of our environment is very often defined by the quality of the water set around us. Unfortunately the expanding demands for 'fresh' water of good quality by a growing population and industry have, inevitably, been equaled by an increased discharge of waste products to the nation's water courses. It is well known that environmental issues have become serious social concerns of a global scale. Among these issues, the impact of water pollution is getting more serious because it is closely related to the health and lives of human beings (Yoshida et al., 2007). The 20th century introduced new concerns regarding the environment, highlighting that its contamination and degradation will inevitably have its effects on all living things (Khanniche et al., 2001). Industrial pollution alters this environment in many more ways that were initially thought, interfering with the growth rate of species, the food chain, and with the health of those in contact with it. Current guidelines aim to lower the levels of toxic chemicals, reduce quantities of readily utilizable compounds, and reduce the degree of nutrients that would support microbial growth. Unless a suitable reduction is made, these factors will continue to cause un-repairable damage to the water courses they discharged their wastewater to.

Today, water containing pollution caused substances and microbes are treated to the conventional treatment process, in which microbes are still present in the final product. Conventional water treatment process is visible and practicable, but it has some disadvantages, such as it takes a long treatment time, it requires large-scale treatment facilities with economical issues and the problem of how to get rid of sludge produced by treatment. Advances in technology have resulted in greater water demands by communities and industries. The volume of wastewater from these companies has increased likewise, containing a variety of suspended solids, oils, metals, and organics. The unfortunately cleaning of these wastewaters prior to discharge using existing treatments has yet to improve comparatively.

Modern conventional treatment is often of a high technological nature, using membrane, irradiation, ultra violet, principally electrical technique to reduce the concentration of microbes, organic and inorganic compounds. Limitations of these treatment methods highlighted have included inability to cope with

fluctuating loads and toxic, often expensive on time, cost, and space unlike electrochemical treatment technique. As a new water treatment method, electrochemical water treatment has been studied (Polcaro et al., 2001; 2002; Rajkumar et al., 2001; Chen, 2004; Oke 2007 a; Oke et al., 2012 a and b). In the electrochemical treatment process, organic pollutants in water are electrochemically oxidized or reduced to non-hazardous inorganic substances. In this water treatment method, electrode material is one of the important factors that affect treatment efficiency. In previous studies, effects of other factors such as chlorine dose, density of bacteria, concentration of dissolved minerals (iron), suspended solids and other pollutants were not addressed. The main focus of this study is to investigate effects of selected factors not previously studied on efficacy of electrochemical treatment process with a particular attention to utilization of orthogonal technique.

MATERIALS AND METHOD

As a follow up study on water treatment techniques in villages in Nigeria, water samples were collected from selected water sources in Katsina state (Kurechidutsi, Dogoruwa, Unguwar Mangoro and Kwari) and Osun state (Rivers eru, Igbo and oju nla). Water samples were collected in both rainy and dry seasons. Collected water samples were subjected to electrochemical treatment at fixed selected factors using orthogonal technique. Fixed factors were separation distance between the electrodes, stirring rate, type of electrode (aluminium/aluminium), direct current voltage, contact surface area of the electrodes and volume water sample (750 ml) to be treated. Factors varied under orthogonal technique were sample's turbidity (NTU), chlorine dose, treatment time, settlement time and concentration of bacteria. The quality of raw and treated water were measured using standard methods and procedure as stated in literature (APHA, 1998). Selected parameters (turbidity, suspended solids, iron concentration and density bacteria (most probable number)) were monitored. In the determination of bacterial density examination multiple tubes test technique was used as stated in the standard methods for water and wastewater analyses (APHA, 1998). Effects of selected factors on efficacy of electrochemical treatment process with a particular attention to utilization of standard orthogonal matrix technique were conducted (Table 1). The standard

Table 1. Standard L₂₅(5⁵) matrix (Guttman et al., 1971; Gardiner and Gettinby, 1998; Drouichel et al., 2001)

Experiment	Turbidity	Chlorine dose	Treatment Time	Settlement Time	Bacteria	Turbidity (NTU)	Chlorine dose (mg l ⁻¹)	Treatment Time (minutes)	Settlement Time (minutes)	Bacteria (MPN 100ml ⁻¹)
1	1	1	1	1	1	100	150	10	15	550
2	1	2	2	2	2	100	300	20	30	1100
3	1	3	3	3	3	100	450	30	45	1650
4	1	4	4	4	4	100	600	40	60	2200
5	1	5	5	5	5	100	750	50	75	2750
6	2	1	2	3	4	150	150	20	45	2200
7	2	5	1	2	3	150	750	10	30	1650
8	2	4	5	1	2	150	600	50	15	1100
9	2	3	4	5	1	150	450	40	75	550
10	2	2	3	4	5	150	300	30	60	2750
11	3	1	2	3	4	250	150	20	45	2200
12	3	5	1	2	3	250	750	10	30	1650
13	3	4	5	1	2	250	600	50	15	1100
14	3	3	4	5	1	250	450	40	75	550
15	3	2	3	4	5	250	300	30	60	2750
16	4	5	4	3	1	300	750	40	45	550
17	4	1	1	2	3	300	150	10	30	1650
18	4	4	5	1	2	300	600	50	15	1100
19	4	3	4	5	1	300	450	40	75	550
20	4	2	3	4	5	300	300	30	60	2750
21	5	3	2	5	4	400	450	20	75	2200
22	5	2	3	4	5	400	300	30	60	2750
23	5	1	2	3	4	400	150	20	45	2200
24	5	5	1	2	3	400	750	10	30	1650
25	5	4	5	1	2	400	600	50	15	1100

Table 2a. Individual efficacies of the water treatment process

Experiment	Efficacies (Run 1)				Efficacies (Run 2)				Efficacies (Run 3)				Efficacies (Run 4)			
	Turbidity	Suspended Solid	Bacteria	Iron	Turbidity	Suspended Solid	Bacteria	Iron	Turbidity	Suspended Solid	Bacteria	Iron	Turbidity	Suspended Solid	Bacteria	Iron
1	41.45	36.89	59.91	45.12	43.56	37.96	86.41	45.66	45.79	39.06	72.89	46.21	50.30	46.73	81.18	51.72
2	43.45	49.89	64.18	52.19	45.67	51.34	65.32	52.82	47.99	52.83	59.24	53.45	48.95	57.91	54.36	58.37
3	68.67	61.23	74.91	63.56	72.17	63.01	76.86	64.32	75.85	64.83	69.82	65.09	77.36	71.08	64.46	71.08
4	68.45	88.83	96.86	82.34	71.94	91.41	99.76	83.33	75.61	94.06	90.72	84.33	77.11	103.12	83.95	92.09
5	71.67	73.95	99.87	74.86	77.77	76.38	96.90	79.44	81.74	78.60	88.11	80.39	83.36	86.17	83.39	87.79
6	56.78	56.89	42.08	66.78	59.68	58.54	43.59	67.58	62.72	60.24	39.27	68.39	63.96	66.04	36.88	74.68
7	63.45	61.46	87.25	61.23	66.69	63.24	89.46	61.96	70.09	65.08	80.81	62.71	71.48	71.35	74.97	68.48
8	45.34	58.79	53.60	58.99	47.65	60.49	56.41	59.70	50.08	62.25	50.81	60.41	51.08	68.25	48.46	65.97
9	48.76	51.23	75.32	63.45	51.25	52.72	79.13	64.21	53.86	54.24	71.35	64.98	54.93	59.47	67.86	70.96
10	43.67	49.34	29.75	62.12	45.90	50.77	32.51	62.87	48.24	52.24	29.20	63.62	49.20	57.28	28.93	69.47
11	44.56	48.78	34.01	59.89	46.83	50.19	36.12	60.61	49.22	51.65	32.18	61.34	50.20	56.63	31.29	66.98
12	42.43	45.67	40.63	60.82	44.59	46.99	43.42	61.55	46.87	48.36	38.70	62.29	47.80	53.02	37.84	68.02
13	43.56	46.21	43.92	59.99	45.78	47.55	47.18	60.71	48.12	48.93	42.08	61.44	49.07	53.64	41.30	67.09
14	45.67	46.34	61.65	58.89	48.00	47.68	66.00	59.60	50.45	49.07	58.99	60.31	51.45	53.79	57.61	65.86
15	46.98	47.87	45.39	53.45	49.38	49.26	49.49	54.09	51.89	50.69	44.15	54.74	52.92	55.57	43.94	59.78
16	33.55	41.23	46.23	45.67	35.26	42.43	51.57	46.22	37.06	43.66	45.40	46.77	37.80	47.86	46.75	51.08
17	37.88	32.34	42.31	31.23	39.81	33.28	45.38	31.60	41.84	34.24	39.70	31.98	42.67	37.54	39.67	34.93
18	41.23	43.44	47.11	56.76	43.33	44.70	51.17	57.44	45.54	46.00	45.24	58.13	46.45	50.43	45.28	63.48
19	40.67	44.55	60.70	39.87	42.74	45.84	66.68	40.35	44.92	47.17	58.92	40.83	45.82	51.72	59.62	44.59
20	31.23	38.97	24.88	41.30	32.82	40.10	29.11	41.80	34.50	41.26	25.42	42.30	35.18	45.24	27.57	46.19
21	41.81	44.56	21.26	57.88	43.94	45.85	24.41	58.57	46.18	47.18	21.24	59.28	47.10	51.73	22.73	64.73
22	38.99	47.89	20.47	35.45	40.98	49.28	24.13	35.88	43.07	50.71	20.86	36.31	43.92	55.59	22.99	39.65
23	41.23	42.34	9.14	42.34	43.33	43.57	10.64	42.85	45.54	44.83	9.10	43.36	46.45	49.15	10.02	47.35
24	43.33	38.79	43.83	37.54	45.54	39.91	47.10	37.99	47.86	41.07	42.31	38.45	48.81	45.03	37.12	41.98
25	33.45	56.78	45.41	59.82	35.16	58.43	49.61	60.54	36.95	60.12	43.54	61.26	37.68	65.91	44.12	66.90

orthogonal matrix (L_{25}) which involves 5 factors and 5 levels is as obtained from literature such as Gardiner and Gettinby (1998); Guttman et al. (1971); Drouichel et al. (2001). Efficacy of the treatment process was based on ability to reduce selected parameters (suspended solids, bacteria density, turbidity and concentration of iron). Significant operational factors (settlement time, treatment time and chlorine dose added) were optimised using steepest ascent technique, while sample based factors (concentration of iron, suspended solid concentration and bacteria density) were kept constant. In steepest ascent technique factors with negative effects were decreased at a constant step in relation to the ratio of the effects as compared to the smallest significant factor, while factors with positive effects were increased in the same manner. Engineering applications of the results were provided using standard literature such as Tebbutt (1991), Steel and McGhee (1979); Vieessman and Hammer (1993); Chin (2000). Figure 1 presents typical sources of water in the selected villages. Computations of the efficacy based on ability to remove these selected parameters were conducted using the following expressions:

$$R_i(\%) = 100 \left(\frac{C_o - C_1}{C_o} \right) \quad (1)$$

Overall efficacies were computed using geometrical means as follow:

$$R_{all}(\%) = \left(R_i \times R_j \times \dots \times R_n \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, results are discussed in following categories: orthogonal experiments, hypothesis and statistical analysis, optimization and engineering applications.

Orthogonal Experiments: In this L_{25} orthogonal experiments 5 factors with 5 levels were selected based on literature and importance in water and wastewater purification. The factors selected are sample's turbidity (NTU), chlorine dose, treatment time, settlement time and concentration of bacteria. The levels are numbered 1 as the lowest level, through 3 to 5 as the highest level. Orthogonal experiments were repeated and the results are as presented in Table 2(a and b). Table 2a

presents individual efficacies, while table 2b shows overall efficacies. From the results minimum responses occurred in all cases at experiment number 23 and the maximum values occurred at experiment number 5. The minimum responses occurred when chlorine dose added is at the lowest level and other factors are at high levels. This indicates that the other factors are combination of both positive and negative effect factors or influence of the chlorine dose added is so high that it neutralizes positive effects of other factors. Maximum responses occurred in all cases when chlorine dose added is at the highest level, turbidity of the water used at the lowest level, treatment time, settlement time and density of the bacteria in the water sample used are at high levels. This means that chlorine dose used, treatment time and settlement time with bacteria density in water used are likely to be positive factors the influence of which increases efficacy of electrochemical treatment of water with turbidity of water sample used as the only negative factors. These results are similar to the observation made concerning effects of separation distance of electrode, current density, and contact surface area on efficacy of electrochemical treatment process (Chen 2004; Oke, 2007), which indicates that efficacy of electrochemical treatment of water reduces with an increase in the turbidity of the water, increasing bacteria density of the water sample, decrease in treatment time, settlement time and chlorine dose used.

Hypothesis and Statistical Analysis: In order to analyze the data from the orthogonal experiments, the results were subjected to hypothesis tests with an objective of testing whether the factors and interactions have significant effect on the pollutants removal electrochemically. It is therefore necessary at this point to define the concepts and the issues such as replication (which is the process of repeating the entire procedure), two way interactions (involves combination of two factors), three and four way factors (combination of three and four factors respectively), main factors or main effects (these are the five factors mentioned, namely: chlorine dose used; turbidity of the water used; treatment time, settlement time and density of the bacteria) and hypothesis (statistical expression). The concept behind test of hypothesis is based on the need to decide whether a statement concerning a parameter or a set of parameters is true or false. It is to ascertain the truth in a claim. It is well known that in testing a statistical hypothesis H specific requirements are needed. Table 3 presents a summary of the requirements. The explanations of the summary are that:

* if hypothesis H is true and accepted or false and rejected, the decision is in either case correct;

* if hypothesis is true but rejected, it is in error (Type I error, with probability of α);

* if hypothesis is false but accepted, it is in error (Type II error, with probability of β).

The term null hypothesis is used for any hypothesis set up primarily to see whether it can be rejected and the term significant test is used when the test is based on checking if the difference error is too large to be reasonably attributed to chance. The specification of the probability of Type I error which is called the level of significance is usually set at $\alpha = 0.05$ or $\alpha = 0.01$. This value of probability should not be too small (Oke and Awofeso, 2006). Based on the sampling distribution of an appropriate statistics, the author constructed a criterion for testing the null hypothesis against the given alternative. Then calculations from the data were made and the values of the statistical parameters on which the decision was based were obtained. The analysis of orthogonal experimentation proceeds with using the formulae and sum of squares of analysis of variance. Tables 1; 2b and 4 show the standard orthogonal matrix, sum of the response, sum of squares (SSQ), K values of the factors, sum of squares of K values (SSQK), difference between the sum of squares (DFSSQK) and significant test. SSQ, coefficients (K) and SSQK were calculated using standard equations.

Table 1 is a standard orthogonal matrix (L_{25}) which involves 5 factors and 5 levels is as obtained from literature such as Gardiner and Gettinby (1998); Guttman et al. (1971); Drouichel et al. (2001). Efficacy of the treatment process was based on ability to reduce selected parameters (suspended solids, bacteria density, turbidity and concentration of iron). In this L_{25} orthogonal experiments 5 factors with 5 levels were selected based on literature and importance in water and wastewater purification. The factors selected are sample's turbidity (NTU), chlorine dose, treatment time, settlement time and concentration of bacteria. The levels are numbered 1 as the lowest level, 2 as low level through 3 as the medium level, 4 as high to 5 as the highest level. The first five columns in the table are the code and level (1 to 5). The last 5 columns are the actual concentration of the parameters. In the 6th column turbidity (NTU), the actual turbidity as follows: 100 NTU (lowest), 150 NTU (low); 250 NTU (medium); 300 NTU (high) and 400 NTU (highest). For the 7th column chlorine dose (mg L^{-1}) is the parameter with 100 mg L^{-1} (lowest), 300 mg L^{-1} (low); 450 mg L^{-1} (medium); 600 mg L^{-1} (high)

and 750 mg L^{-1} (highest). For the 8th column treatment time (minutes) is the parameter with 10 minutes (lowest), 20 minutes (low); 30 minutes (medium); 40 minutes (high) and 50 minutes (highest). Columns 9th and 10th are for settlement time (minutes) and bacteria density (MPN/100ml) respectively in the same level as columns 6th; 7th and 8th.

Table 2a presents efficacies of the treatment in removing selected parameters (sample's turbidity (NTU), suspended solid, iron concentration and bacteria). The first 5 columns are individual efficacies for run1 (first set experiments), the next 5 columns are for run 2 till the last 5 columns for run 4. From the table the lowest efficacy occurred at experiment 23 (turbidity at the highest level, chlorine concentration at the lowest level, treatment time at the low level, settlement at medium level and bacteria density at high level). The highest efficacies occurred at experiment 5 when turbidity at the lowest level, chlorine concentration at the low level, treatment time at the low level, settlement at low level and bacteria density at low level). This indicates that turbidity contributes negatively, chlorine concentration contributes positively, treatment time contributes positively, settlement contributes positively and bacteria density contributes negatively to efficacies of the water treatment process.

Table 3. Summary of statistical requirement

Test	Accept H	Reject H
H is true	Correct decision	Type I error
H is false	Type II error	Correct decision

Table 2b shows a standard matrix $L_{25} (5^5)$, overall efficacies computed using equation (2) and statistical data (mean; minimum, maximum and standard deviation). The first column is for experiment number, the next 5 columns are for the L_{25} matrix code, the next 7 columns are for the runs (runs 1 to 4 are as presented in Table 2a). From the table the lowest efficacy occurred at experiment 23 (turbidity at the highest level, chlorine concentration at the lowest level, treatment time at the low level, settlement at medium level and bacteria density at high level). The highest efficacies occurred at experiment 5 when turbidity at the lowest level, chlorine concentration at the low level, treatment time at the low level, settlement at low level and bacteria density at low level). This indicates that turbidity contributes negatively, chlorine concentration contributes positively, treatment time contributes

positively, settlement contributes positively and bacteria density contributes negatively to efficacies of the water treatment process.

The values of these variables are as presented in Table 4. In the computations of effects, the methods used were based on literature such as (Gardiner and Gettinby, 1998; Lei et al., 2006; Oke, 2009) were followed (Table 4). From Table 4 it can be concluded that turbidity of the water used; chlorine dose used; treatment time and settlement time are significant factors that influence efficacy of electrochemical treatment of water at 99.5% confidence level with F-ratios of 537.58; 177.47;

127.69 and 46.15 respectively. Although, density of the bacteria of water used has effects on efficacy of the electrochemical treatment of water, its significance was not as high as that of the other four factors. F-ratio of the factor (density of the bacteria of water used) was 5.26. This can be attributed to causes of turbidity in water, which are colloidal particle, suspended solid and organic materials. These materials require more chemicals to neutralize their negative effects. Figure 2(a to e) presents responses of these selected factors to efficacy of electrochemical treatment of water at various levels. From the figure it can be identified that two

Table 4. Statistical Analysis of the efficacies and other data

Level of the factors (K)	Turbidity	Chlorine dose	Treatment Time	Settlement Time	Bacteria
$K_1 = \sum_{i=1}^7 K_{1i}$	352.02	235.17	259.72	264.48	269.88
$K_2 = \sum_{i=1}^7 K_{2i}$	302.47	238.66	243.19	262.21	266.97
$K_3 = \sum_{i=1}^7 K_{3i}$	264.78	288.02	255.00	260.22	278.55
$K_4 = \sum_{i=1}^7 K_{4i}$	225.61	301.26	306.66	272.95	277.48
$K_5 = \sum_{i=1}^7 K_{5i}$	215.31	297.07	295.62	300.33	267.31
$SSQK = \left(\sum_{i=1}^7 K_{1i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^7 K_{2i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^7 K_{3i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^7 K_{4i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^7 K_{5i}\right)^2$	382770.8	374230.1	373049.4	371115.5	370145.7
$SST = \sum_{i=1}^{25} R_i^2 - C = 4246$	$C = \frac{T^2}{25} = 74004.21$			$T = \sum_{i=1}^{25} R_i = 1360.19$	
$DFSSQK = \frac{SSQK}{5}$	76554.16	74846.03	74609.87	74223.1	74029.14
$SSQ = DFSSQK - C$	2549.95	841.82	605.66	218.89	24.94
Degree of freedom (df) = 4	$MSSE = \frac{SSE}{4}$		$SSE = SST - \sum_{i=1}^n SSQ_i = 4.76$		
$MSSQ = \frac{SSQ}{df}$	637.49	210.46	151.42	54.72	6.23
$F = \frac{MSSQ}{MSSE} = \frac{MSSQ}{1.19}$	537.58	177.47	127.69	46.15	5.26
$Effects = \left(\frac{SSQ}{5^{y-2}}\right)^{0.5}$	-4.52	2.60	2.20	1.32	-0.45
Coefficients = 0.5 x Effects	-2.26	1.30	1.10	0.66	-0.22



(a) Source of water with plant cover;



(b) Source of water (shallow well) at a river bed



(c) source of water with plant and trees in it



(d) source of water with flowing stream

Figure 1. Typical sources potable water at the villages

factors (turbidity and density of bacteria) decrease with increasing levels, which indicates that these two factors have negative effects on the efficacy of the treatment technique. Also, from the figure it was revealed that the response of three factors (settlement time, treatment time and chlorine dose used) increases with increasing levels. These factors have positive effects on efficacy of electrochemical treatment of water.

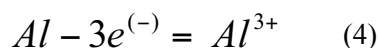
Figure 2(a) revealed that minimum turbidity for effective electrochemical treatment of water is 250 NTU. Figures 2(b) to 2(e) revealed that minimum effective treatment time for electrochemical treatment technique is 30 minutes, minimum effective time for floc settlement (settlement time) is 45 minutes, minimum supporting disinfection concentration using calcium hypochlorite is 0.8 mg l⁻¹. ml and minimum bacteria density was found to be 3 MPN/ 100ml. ml.

Optimization of operational Factors: Figures 3 (a - c) show optimization results and influence of these factors on pollutants removal during electrochemical treatment. Figure 3a shows that chlorine dose is a significant factor that influence efficacy of the electrochemical treatment of water positively (turning points above the mean). This result indicates that the higher the chlorine dose during electrochemical process the more the pollutants will be removed. This can be attributed to many factors such as reduction in the resistance of the electrolyte due to lowering organic matters (oxidation of organic component of the water by chlorine added), increase in conductivity of the electrolyte due to addition of ionic material (calcium hypochlorite), and increase in the flow of current due to high electrical conductivity. The optimum value obtained from the graph is 1481 mg l⁻¹ of calcium hypochlorite, which indicates that change in efficacy of the system above 1481mg l⁻¹ compared to efficacy of the system at 1481 mg l⁻¹ of calcium hypochlorite will not be significant. Although it might be argued that 1481 mg l⁻¹ of calcium hypochlorite is a small amount of chlorine compared to concentration of pollutants in some raw water samples, but transforming the value to equivalent chlorine dose gives 1.97 mg l⁻¹. ml of raw water which is adequate for wastewater and raw water (Steel and McGhee, 1979; Metcalf and Eddy, 1993).

From Figure 3b influence of treatment time (retention time in the reactor) on the efficacy of electrochemical process is positive (turning point above the mean). This indicates that higher retention time increases efficacy of the electrochemical treatment. This positive effect can be attributed to more electro-migration of ions from anode into the electrolyte, more

collusion of unlike charges with colloidal particles, more of attraction forces and more dissolution of aluminum electrode into the electrolyte, which can be expressed as follows:

$$M(g) = IVT \quad (3)$$



Optimum retention time was 99.6 minutes, which equivalent to 0.13 minutes ml⁻¹. Although, the retention time looks higher than necessary, but due to low direct voltage source (6 volt) and low current rating (600 mA) energy loss and cost will be small, which will make the process inexpensive and attractive.

Figure 3c shows that settlement time (sedimentation time) is among the factors that influence efficacy of the electrochemical treatment process positively (turning points above the mean). This result indicates that the higher the sedimentation time for the flocs more efficiency of electrochemical process. This phenomenon can be attributed to reduction in the suspended solid, higher time for flocculent particles (type II settling), zone settling (type III settling) and compressive settling (type IV settling). The optimum value obtained from the graph was 148.0 minutes, which is equivalent to 0.20 minutes ml⁻¹ of raw water sample.

Engineering Applications: Engineering applications of the technique are as follows:

❖ **Efficacy of the technique:** A model that relate efficacy of the technique to the selected factors was developed and the model is as follows:

$$Y(\%) = 60.68 - 2.26T_u + 1.30Cl_d + 1.10T_s + 0.6 S_t - 0.22D_b$$

❖ **Design Parameters:** The main function of environmental engineers is to design an effective environmental pollution control devices using design parameters. For the section required design parameters are:

❖ **Retention time:** Retention time was defined as effective time required reducing pollutant optimally. For this technique effective time (detention time) can be expressed as: $R_t(h) = 0.13Q_n$

❖ **Chlorine dose:** The study conducted on the technique revealed that chlorine is require to reduce microorganism and effective concentration can be related to flow rate as $C_l(g) = 1.97Q_n$

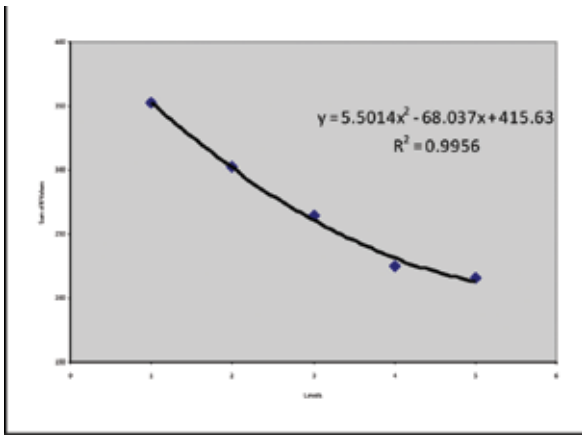


Figure 2a. Turbidity of the water used

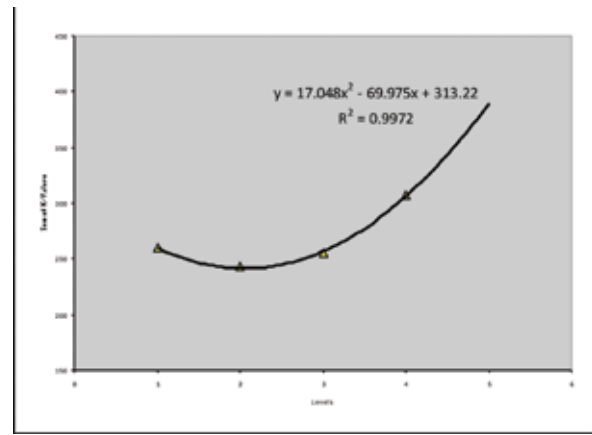


Figure 2b. Treatment Time of electrochemical

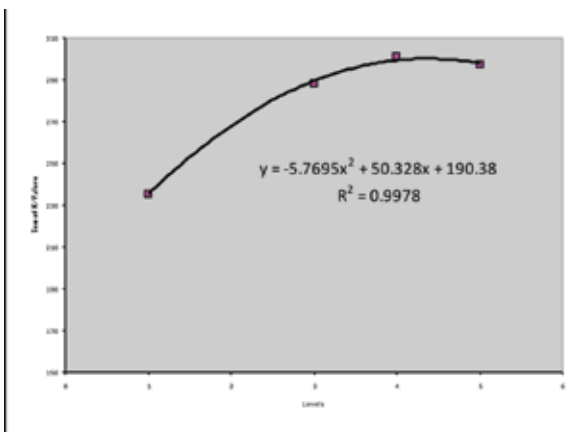


Figure 2c. Chlorine dose Used

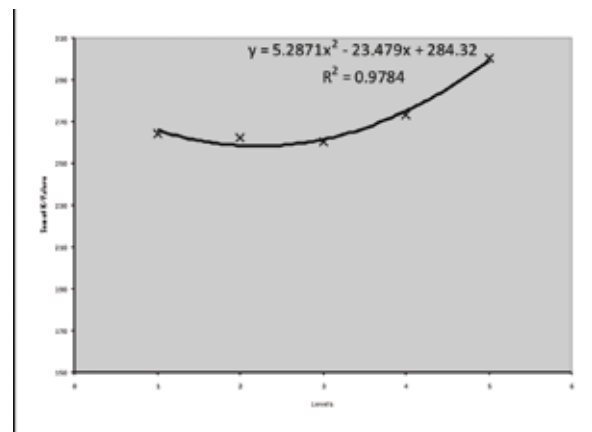


Figure 2d. Settlement Time

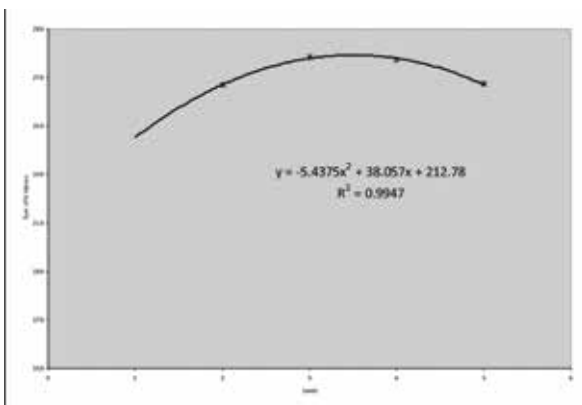


Figure 2e. Density of bacteria in water used

❖ **Sedimentation tank:** Size of sedimentation tank is important in water and wastewater treatment plant to remove effectively suspended solids, flocs and floating solids. Size of sedimentation tank can be expressed in relation to flow rate as:

$$V_{st} (m^3 / h) = 0.80Q_n = 6.538R_t$$

❖ **Energy Required:** For the electrical energy is required. The amount of energy required can be expressed in relation to flow rate, voltage of the electrical source and retention time as:

$$\begin{aligned} E_s (Kwh) &= Q_n VT_s \\ &= 0.13VQ_n^2 \end{aligned}$$

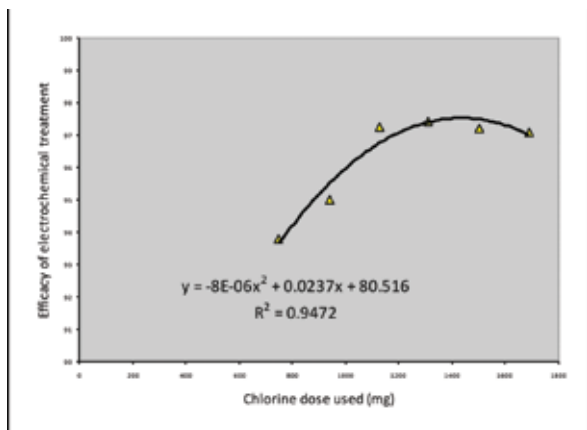


Figure 3a. Optimization of chlorine dose using steepest ascent

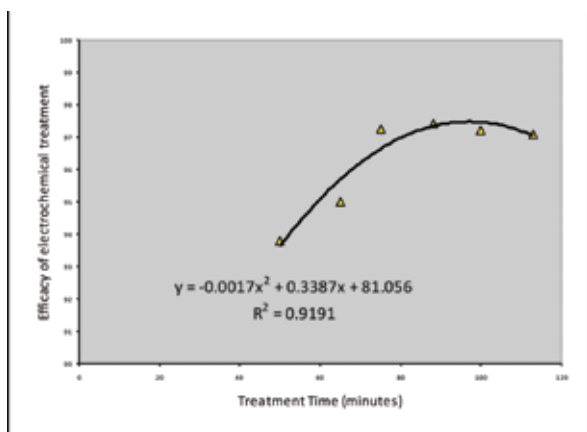


Figure 3b. Optimization of Treatment time using steepest ascent

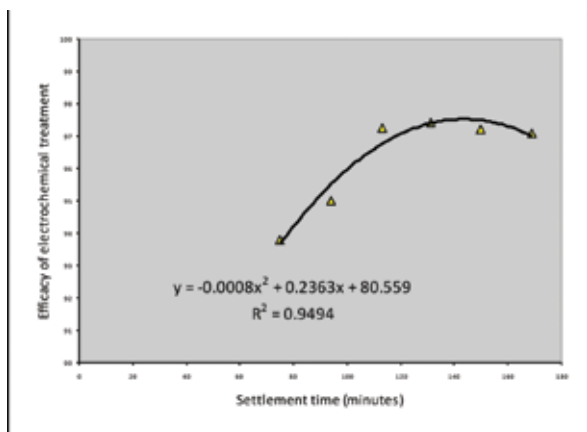


Figure 3c. Optimization of settlement time using steepest ascent

Cost of energy required for the treatment: The cost of treatment using the technique can be expressed in relation to energy required as:

$$C_i(\text{Nigeria Naira}) = 12.56 E_s$$

$$C_i(\text{US\$}) = 0.016 E_s$$

CONCLUSION

In this study, L₂₅ orthogonal experiments, which involves 5 factors with 5 levels were selected based on literature and importance in water and wastewater purification were studied. The factors selected are sample's turbidity (NTU), chlorine dose, treatment time, settlement time and concentration of bacteria. Effects of selected factors on efficacy of electrochemical treatment in purification of typical raw water were conducted using statistical technique (L₂₅ orthogonal experiments). Raw surface water samples were collected from selected sources of water in Nigeria. These water samples were subjected to electrochemical treatment at various factors using orthogonal technique. The study revealed that electrochemical treatment of raw water supported by electrolyte (chlorine dose) is promising in removing turbidity, suspended solid, bacteria and iron concentration. It was concluded that the technique is cost effective and selected factors are significant in the efficacy of the system. It was concluded that the technique can be used to replace conventional water treatment technique at household level based on the cost and efficacy.

ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

C _i	influent concentration of the pollutant (mg L ⁻¹)
C _o	effluent concentration of the pollutant (mg L ⁻¹)
df	degree of freedom
C	statistical constant
y	number of levels
K _{1i}	K value for level 1 and factor i
K _{2i}	K value for level 2 and factor i
K _{3i}	K value for level 3 and factor i
K _{4i}	K value for level 4 and factor i
K _{5i}	K value for level 5 and factor i

$DFSSQK = \frac{SSQK}{5}$	
SSQK	sum of square of K
SST	Sum of square of T
SSQ	sum of square of factor Q
Q_n	flow rate ($m^3 d^{-1}$)
T_u	Turbidity of the water used (NTU)
Cl_d	chlorine dose used ($mg l^{-1}$)
T_s	Treatment time (minutes)
S_t	Settlement time (minutes)
D_b	bacteria density (MPN 100ml ⁻¹)
R_t	Optimum time (h)
R_i	Individual efficacy (%)
R_{all}	overall efficacy (%)
E_s	Energy required for the treatment (K w h)
C_t	energy cost (US dollar)
V	voltage used (v)
I	current used (A)

REFERENCES

- APHA, 1998. Standard method for the examination of water and wastewater, 20th edn, America Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC.
- Chen, G., 2004. Electrochemical technologies in wastewater treatment separation. *Purification Technologies*, 38(1):11-41.
- Chin, D.A., 2000. *Water Resources Engineering*, 1st edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Drouichel, M., Lounicil, H., Marneril, N., Piron, D.L., Kharroune, M., 2001. Utilisation of factorial experiments for the UV/H₂O₂ process in a batch reactor. *Water SA*, 27:551-558.
- Gardiner, W.P., Gettinby, G., 1998. *Experimental Design Techniques in Statistical Practice*, 2nd Edn., Harwood Publishing, Chichester.
- Guttman, L., Wilks, S.S., Hunter, J.S., 1971. *Introductory Engineering Statistics*. 2nd Edn, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Khanniche, M.S., Morgan, P.G., Khanniche, K.N., Jobling, C.P., Khanniche, N., 2001. A novel electro-chemical process for water treatment. *rev. energ. ren. Power Engineering*. 63-67
- Lei, Y., Shen, Y., Chen, X., Jia, J., Wang, W., 2006. Preparation and application of Nano-TiO₂ catalyst in dye electrochemical treatment, *Water SA* 32 (2): 206–210.
- Oke, I.A. Babatola, J.O., Adekunbi, E.A., Obijole, A.O., Fehintola, E.O., 2012. An Overview of electrochemical treatment processes in environmental engineering: previous studies on electrochemical treatment processes (1973-2004). In *Water Treatment Processes*, Editor: Kostas Demadis, Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Oke, I.A. Oladepo, K.T., Fehintola, E.O., Adekaunbi, E.A., Obijole, A.O., Basil, O.N., Mohammed, H., 2012. An overview of electrochemical treatment processes in environmental engineering: modern studies on electrochemical treatment processes (2005- 2010) In *Water Treatment Processes*, Editor: Kostas Demadis, Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Oke, I.A., 2009. Orthogonal experiments in the development of carbon –resin for chloride ions removal. *Statistical Methodology*. 6: 109–119.
- Oke, S.A., Awofeso, K.O., 2006. A factorial analysis experimentation of inappropriate waste disposal, *Iran Journal of Environmental Health Sciences Engineering*, 3 (2):123–132.
- Oke, I.A., 2007. Development and performance-testing of an electrochemical process on selected industrial wastewaters Unpublished Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.
- Polcaro, A.M., Palmas, S., Lallai, A., 2001. Sequential electrochemical/biological treatment for the removal of 2, 6-dichlorophenol from synthetic wastewater, *Annales de Chimie* 91 (4): 203–210.
- Polcaro, A.M., Mascia, M., Palmas, S., Vacca, A., 2002. Electrochemical oxidation of p-hydroxybenzoic and protocatechuic acids at a dimensional stable anode (DSA) in the presence of NaCl, *Annales de Chimie* 92 (10): 1015–1023.
- Rajkumar, B., Palanivelu, K., Mohan, N., 2001. Electrochemical oxidation of resorcinol for wastewater treatment using Ti/TiO₂- RuO₂-IrO₂ electrode, *Journal of Environmental Sciences Health A Tox Hazard Substantial Environmental Engineering* 36 (10):1997–2010.
- Steel, E.W., Mcghee, J.T., 1979: *Water supply and sewerage*, 3rd edn. McGraw Hill Book Company, Tokyo.
- Tebbutt, T.H.Y., 1991. *Principles of Water Quality Control*, 3rd edn. Pergamon Press, Oxford.
- Viessman, W., Hammer, M., 1993. *Water Supply and Pollution Control*. Harper Collins College Publishers, New York.
- Yoshida, K., Yoshida, S., Seki, Y., Takahashi, T., Ihara, I., Toyoda, K., 2007. Basic study of electrochemical treatment of ammonium nitrogen-containing wastewater using boron-doped diamond anode. *Sei Technical Review*, 65: 71-73.

Türkiye’de Tarımsal Üretim ile Tarımsal Kredi Kullanımı Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Mustafa TERİN¹, İrfan Okan GÜLER¹, Adem AKSOY¹

ÖZET: Çalışmanın amacı, tarımsal üretim ile tarımsal kredi kullanımı arasında nedensellik ilişkisi olup olmadığını tespit etmektir. Bu amaçla çalışmada 1995-2012 yılları arası 18 yıllık zaman serisi verisi kullanılmıştır. Tarımsal üretim ile tarımsal kredi arasındaki nedenselliği test etmek için Augmented Dicky-Fuller (ADF) birim kök testi, Johansen eş bütünleşme testi ve Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre; tarımsal üretim ile tarımsal kredi arasında tarımsal üretimden tarımsal krediye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarımsal kredi, tarımsal üretim değeri, nedensellik, Türkiye

Causal Relationship Between Agricultural Production and Agricultural Credit Use in Turkey

ABSTRACT: The purpose of this study is to determine whether there is a causal relationship between the use of agricultural credit and agricultural production. For this purpose, an 18 year time series data was used between the years of 1995-2012. To test the causality between agricultural production and agricultural credit, Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit root test, Johansen co-integration test and Granger causality tests were used. According to the results of Granger causality analysis, there is a unidirectional causality from agricultural production to agricultural credit use.

Key words: Agricultural credit, agricultural production value, causality, Turkey

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: aaksoy@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Ekonomik kalkınmanın temel unsurlarından birisi olan tarımsal üretim artışı; amaca yönelik yatırımlara, teknolojik yenilikleri uygulamaya ve verimliliği artırılmış sürekli bir üretime bağlıdır. Tarımda üretimin devamlılığı için en önemli faktörlerden birisi ise finansman teminidir (Karlı, 1991; Hüsmanlar, 2011; Erdaş, 2012).

Sermayesi yeterli olmayan üreticiler, üretim faaliyetlerini zamanında ve tam olarak yerine getirebilmek için, işletme dışı kaynaklara başvurarak işletme sermayesi sağlamaya çalışmaktadırlar. Borçlanma yoluyla elde edilen bu tür fonlar günümüzde genellikle devlet eliyle desteklenen, organize olmuş ve uzmanlaşmış kredi kurumları tarafından verilmektedir (Fırat, 1992; Taşkıran, 2011).

Son yıllarda tarımsal üretim ve tarımsal kredi kullanımında meydana gelen artışlar bu iki değişken arasında ne tür bir ilişki olduğu konusunda merak uyandırmıştır. Bu nedenle çalışmada, tarımsal kredi kullanımı ile tarımsal üretim arasında bir nedenselliğin var olup olmadığı ve eğer varsa hangi yönde olduğu, diğer bir ifade ile tarımsal kredi kullanımının mı tarımsal üretimi tetiklediği yoksa tarımsal üretimin mi tarımsal kredi kullanımını tetiklediği tespit edilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada tarımsal üretimi temsilen kullanılan tarımsal üretim değerleri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden, tarımsal kredilere ait veriler ise Türkiye Bankalar Birliği (TBB) verilerinden sağlanmıştır. Tarımsal üretim değeri ve tarımsal kredilere ait nominal değerler 2012 yılı TÜFE serisi 100 kabul edilerek reel hale getirilmiş ve verilerin doğal logaritmaları alınarak analizler yapılmıştır.

Tarımsal üretim ile tarımsal krediler arasındaki nedensellik ilişkisi 1995-2012 dönemi için oluşturulan zaman serisi verileri “Granger Nedensellik Testi” (Granger, 1969), kullanılarak analiz edilmiştir. Türkiye’de tarım sektöründe Granger nedensellik testinin kullanıldığı çalışmalar; Abay ve ark., (2001), Terzi ve Oltulular (2004), Yıldız ve Oğuzhan (2007), Türkekul (2008), Aktaş ve ark., (2010) ve Aksu (2012) olarak sıralanabilir.

Çalışmada zaman serisi verileri kullanıldığından ilk olarak verilerin durağanlık testlerinin yapılması gerekmektedir. Granger nedensellik testini uygulayabilmek için değişkenlere ait verilerin durağan olması gerekmektedir. Granger and Newbold (1974),

nedensellik analizine konu olan değişkenlerin durağan yapıya sahip olmalarının gerekliliğini vurgulamışlardır. Bir zaman serisi, ortalaması ile varyansı zaman içinde değişmiyor ve iki dönem arasındaki ortak varyansı bu ortak varyansın hesaplandığı dönem değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı ise durağandır (Gujarati, 1999).

Araştırmada ele alınan zaman serilerinin durağanlık analizi, Dicky and Fuller (1981) tarafından geliştirilen “Genişletilmiş Dickey-Fuller” (ADF) birim kök testi kullanılarak yapılmıştır. Bu analizde aşağıdaki denklem kullanılmıştır. Durağan olup olmadığı analiz edilen değişkenin birinci farkı, t genel eğilim değişkeni, gecikmeli fark terimleridir. Gecikmeli fark terimlerinin konulmasının nedeni, hata teriminin ardışık bağımsız olmasını sağlamaktır.

ADF testinin sağlıklı sonuç vermesi için tahmin edilen modelde ardışık bağımlılık (otokorelasyon) probleminin olmaması gerekmektedir. Denklemde “k” olarak ifade edilen gecikme uzunluğu, genelde Akaike veya Schwarz bilgi kriterleri kullanılarak belirlenmektedir. ADF testi, yukarıdaki denklemde δ katsayısının istatistiksel olarak sifıra eşit olup olmadığını test etmektedir.

Bu sınıma, elde edilen ADF-t istatistiğinin MacKinnon kritik değeri ile karşılaştırılmasıyla yapılmaktadır. Eğer ADF-t istatistiği MacKinnon kritik değerinden mutlak olarak büyükse, ele alınan zaman serisi durağan demektir. Aksi takdirde seri durağan değildir ve durağanlığı sağlanıncaya kadar farkının alınması gerekmektedir.

Durağan olmayan zaman serilerinin düzey değerleri ile çalışılıp çalışılmayacağını anlamak için eş bütünleşme analizi yapılması gerekmektedir (Karaca, 2003; Türkekul, 2007).

Seriler arasındaki eş bütünleşme ilişkisini belirlemede, yaygın olarak Engle and Granger (1987), Johansen and Juselius (1990) tarafından önerilen yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmada tarımsal üretim ile tarımsal krediler arasında eş bütünleşme ilişkisi olup olmadığı Johansen and Juselius (1990) tarafından geliştirilen “Johansen Eş Bütünleşme Testi” kullanılmıştır.

Tarımsal üretim ile tarımsal krediler arasındaki bir ilişki olup olmadığı ve bir ilişki varsa bu ilişkinin yönünün nasıl olduğunu ortaya koymak için Granger nedensellik testi kullanılmıştır.

Ampirik çalışmalarda Granger nedensellik testi uygulanabilirliğindeki kolaylık sebebi ile en çok tercih

edilen bir yöntemdir (Uzunöz ve Akçay, 2010). Granger eşitlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir

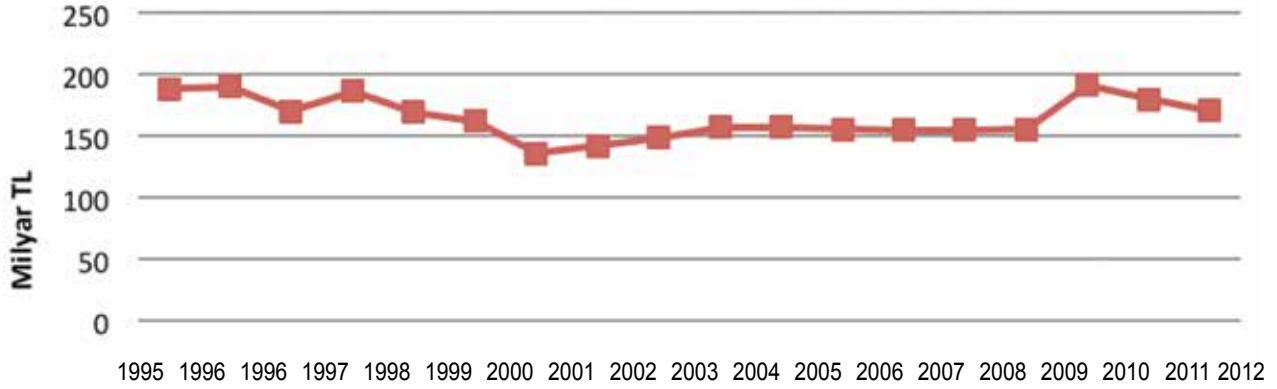
Gecikme katsayılarını, k bütün değişkenler için ortak gecikme derecesini ϵ_{1t} ϵ_{2t} ϵ_{3t} ϵ_{4t} hata terimlerini birbirinden bağımsız oldukları (White noise) varsayılmaktadır.

Granger nedensellik analizi eşitlik (2) ve (3)’te hata terimlerinden önce yer alan bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin katsayılarının sıfıra eşit olup olmadığı test edilerek yapılmaktadır (Granger, 1969).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Türkiye’de Tarımsal Üretim Değeri ve Tarımsal Kredi Kullanımı

Tarımsal üretim değerinin 1995 yılından 2001 yılına kadar düşme 2001 yılından itibaren ise yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 1). 1995 yılında 187.7 milyar TL olan tarımsal üretim değeri 2012 yılında 170.4 milyar TL gerilemiştir. 2012 yılı itibariyle Türkiye’de tarımsal üretim değerinin en yüksek olduğu bölgeler sırası ile Akdeniz, Ege, Güney Doğu Anadolu ve Batı Marmara bölgeleridir (TÜİK, 2013).



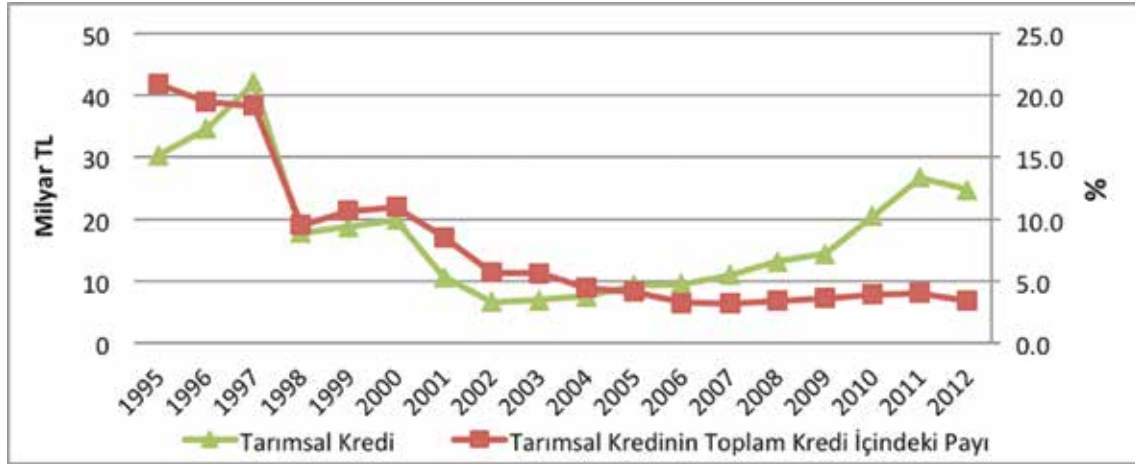
Şekil 1. Türkiye’de Reel Tarımsal Üretim Değeri
Kaynak: TÜİK, 2013

Türkiye’de toplam kredi kullanımı hızla bir şekilde artmaya devam etmektedir. 1995 yılında toplam kredi kullanımı 117.6 milyar TL iken 2012 yılında bu rakam 720.9 milyar TL yükselmiştir (TBB, 2013). Ekonomik büyüme ve gelişme ile birlikte kredi kullanım şartlarındaki (faiz ve vade) iyileşmeler bu hızlı yükselişin en önemli nedenleri arasında yer almaktadır.

Türkiye’de tarımsal kredi kullanımı 1997 ve 2002 yılları arasında hızlı bir düşüş yaşamıştır. 1997 yılından 42.1 milyar TL’ye kadar yükselen tarımsal kredi kullanımı 2002 yılında 6.6 milyar TL’ye kadar gerilemiştir (Şekil 2). Ancak 2002 yılından sonra özellikle özel bankalarında tarım sektörüne kredi imkânı

sağlaması ve kredi kullanım şartlarındaki iyileşmeler ile birlikte tarımsal kredi kullanımı artmaya başlamıştır. 2002 yılında 6.5 milyar TL olan tarımsal kredi kullanımı 2012 yılında 24.8 milyar TL’ye yükselmiştir (Şekil 2).

Ekonomik gelişme ile birlikte sanayi ve hizmetler sektörünün ekonomi içindeki payı artarken tarım sektörünün ekonomi içindeki payı giderek azalmaktadır. Bu durum tarımsal kredi kullanımının toplam kredi kullanımı içindeki payının da giderek azalmasına neden olmaktadır. Nitekim 1995 yılında toplam kredi kullanımı içinde tarımsal kredilerin payı %21.0 iken 2012 yılında bu oran %3.4’e gerilemiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye'de Tarımsal Kredi Kullanımı ve Toplam Kredi İçindeki Payı (%)

Kaynak: TBB, 2013

Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenlere ait birim kök test sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, değişkenler düzey değerlerinde birim köke sahiptir. Yani ilgili değişkenler düzeyde durağan değildir. Bu nedenle değişkenlere ait verilerin birinci farkları alınarak

ADF test istatistikleri yeniden hesap edilmiştir. Elde edilen ADF test istatistik değerleri, mutlak değer olarak MacKinnon kritik değerinden büyük çıktığı için seriler durağan hale gelmiştir. Dolayısı ile ilgili değişkenler %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde durağandır.

Çizelge 1. Serilerin ADF Birim Kök Testleri

Değişkenler	ADF Değerleri	
	Düzye Sabit ve trend	Birinci Fark Sabit ve trend
LNTÜD	-1.893	-3.918**
LNTKREDİ	-0.826	-5.666*

Serinin birinci farkı *%1 ve **%5 anlam düzeyinde birim köke sahip değildir. MacKinnon kritik değerleri %1 ve %5 anlamlılık düzeyleri için sırasıyla -4.616 ve -3.710.

Eş Bütünleşme Test Sonuçları

Değişkenlerin aynı düzeyde durağan olması uzun dönem ilişkilerinin incelenmesine olanak tanımaktadır. Seriler arasındaki eş bütünleşme Johansen and Juselius

(1990) tarafından önerilen yöntem kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, modelde iki adet eş bütünleşme vektörünün bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle seriler arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur.

Çizelge 2. Johansen Eş Bütünleşme Testi Sonuçları

Eş bütünleşik vektör sayısı	Öz değer İstatistiği	İz İstatistiği	%5 kritik değer	P- değeri
Hiç yok	0.711	23.909**	15.495	0.002
En çok 1	0.298	5.299*	3.841	0.021

** Sıfır hipotezin %1 ve * %5 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir.

r: Koentegrasyon vektörünün sayısı

Optimum gecikme uzunluğu AIC kriterine göre 1 olarak alınmıştır.

Nedensellik Test Sonuçları

Granger nedensellik analizi sonuçları çizelge 3’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, TÜD’den tarımsal kredilere doğru %5 anlamlılık düzeyinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, tarımsal üretim değerinin artması tarımsal kredi kullanımının artmasına neden olmaktadır. Nedensellik analizi, zaman içinde iki olaydan hangisinin daha önce meydana geldiğini ifade etmektedir. Bu nedenle tarımsal üretim değerinden tarımsal kredilere doğru gerçekleşen nedensellik ilişkisi, TÜD’deki değişmelerin tarımsal kredi kullanımındaki değişmelerden önce meydana geldiği sonucu ortaya çıkarmaktadır. Tarımsal üretim değerinin artması direkt veya dolaylı olarak tarımsal gelirden artışa neden olacağından tarımsal

gelirin artması tarımsal kredi kullanım miktarını arttıracaktır.

Literatürte tarımsal kredi kullanımı ile tarımsal üretim arasındaki nedenselliği inceleyen pek fazla çalışma bulunmamakla birlikte Aksu (2012), tarafından yapılan çalışmada tarımsal üretim ile tarımsal kredi arasından herhangi bir nedenselliğin varlığı tespit edilememiştir. Ancak ekonomik büyüme ve kredi kullanımı arasındaki nedenselliği inceleyen çalışmalarda Kar and Pentecost (2000), Ceylan ve Durkaya (2010), ekonomik büyümenin kredi kullanımını pozitif yönde etkilediğini King and Levine (1993), Levine and Zervos (1998), Calderon and Liu (2002) ve Beck and Levine (2004), ise finansal gelişmenin (kredi vs) ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 3. Pairwise Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi	F İstatistiği	p değeri	Karar
TKREDİ TÜD’nin Granger nedeni değildir	0.013	0.912	KABUL
TÜD TKREDİ’nin Granger nedeni değildir	8.422*	0.012	RED

*%5 düzeyinde önemlidir. Gecikme uzunluğu maksimum AIC(1) olarak alınmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, tarımsal kredi kullanımı ile tarımsal üretim arasındaki uzun dönem nedensellik ilişkisi 1995-2012 yıllarını kapsayan dönem dikkate alınarak incelenmiştir. Serilere ilişkin birim kök testleri yapılmış ve tarımsal kredi ve tarımsal üretim değeri değişkenlerinin birinci farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Johansen eş bütünleşme testi sonucunda tarımsal kredi kullanımı ile tarımsal üretim değeri arasında bir eş bütünleşme olduğu ve bu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir.

Granger nedensellik analizinden elde edilen sonuçlar; tarımsal üretim değerinden tarımsal kredi

kullanımına doğru tek yönlü bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Nedensellik analizinin, zaman içinde iki olaydan hangisinin daha önce meydana geldiğini ifade ettiği gerçeğinden hareketle TÜD’deki değişmelerin tarımsal kredi kullanımındaki değişmelerden önce meydana geldiği sonucuna ulaşılabilir.

Bu sonuç, Türkiye’de tarımsal üretim değerindeki artışın tarımsal kredi kullanımını arttıracak olduğunu göstermektedir. Bu nedenle tarımsal üretimi arttırmaya yönelik uygulanacak altyapı çalışmaları ve teşvikler dolaylı olarak da olsa tarımsal kredi kullanımını arttıracaktır. Bu durum ekonomik hayatın gelişmesine ve tarım sektörüne kredi sağlayan kurumların artmasına ve gelişmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abay, C., Sayan, S., Miran, B., Bayaner, A., 2001. Türkiye'deki Tarımsal Destek Harcamalarının Enflasyonist Etkilerinin Ekonometrik Analizi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayın No:71 Ankara.
- Aksu, E., 2012. 2003-2011 Yılları Arasında Tarımsal Krediler ile Tarım Sektörü Arasındaki Nedensellik İlişkileri. Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Eskişehir.
- Aktaş, E., Tuncer, İ., Aydın, M., 2010. 1980 Sonrası Ekonomik Krizlerin Türkiye Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri. <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/14588/> Erişim Tarihi: 22.07.2012.
- Beck, T., Levine, R., 2004. Stock Markets, Banks, and Growth: Panel Evidence. *Journal of Banking & Finance*, 28: 423-442.
- Calderon, C., Liu, L., 2002. The Direction of Causality Between Financial Development and Economic Growth", Central Bank of Chile, Working Papers No 184.
- Ceylan, S., Durkaya, M., 2010. Türkiye'de Kredi Kullanımı–Ekonomik Büyüme İlişkisi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 24(2): 21-35.
- Dickey, D., Fuller W., 1981. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root. *Econometrica* 49 (4): 1057-1072.
- Erdaş, H., 2012. Türkiye'de Tarımın Finansmanında Banka Kredilerinin Rolü: Edirne Bölgesi Örneği. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Engle, R.F., Granger, C. W. J., 1987. Cointegration and Error Correction: Representation, estimation and Testing. *Econometrica* 55: 251-276.
- Fırat, O., 1992. Türkiye'de Planlı Dönemde Tarımsal Krediler (1963-1990). Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, Tokat.
- Granger, C.W.J., 1969. Investigating Casual Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica* 37: 424-438.
- Granger, C.W.J., Newbold, P., 1974. Spurious Regressions in Economics. *Journal of Econometrics*, Vol. 2(2): 111-120.
- Gujarati, D.N., 1999. Temel Ekonometri, (Çev. Ü. SENESEN & G.G.SENESEN). Literatür Yayınları, İstanbul.
- Johansen, S., Juselius, K., 1990. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration-with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52: 169-210.
- Hüsmanlar, Y., 2011. Dış Kaynaklı Tarımsal Kredilerin Tarımsal Üretime Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, Tekirdağ.
- Kar, M., Pentecost, J. E., 2000. Financial Development and Economic Growth in Turkey: Further Evidence on the Causality Issue. Loughborough University Department of Economics, Economic Research Paper No 00/27.
- Karaca, O., 2003. Türkiye'de Enflasyon-büyüme İlişkisi: Zaman Serisi Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi* 4 (2): 247- 255.
- Karlı, B.,1991. GAP Alanında Tarımsal Kredi Kullanımı ve Gelecekteki Kredi İhtiyacının Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- King, R. G., Levine, R., 1993. Finance and Growth: Schumpeter Might Be Right. *Quarterly Journal of Economics*, 108 (3): 717-737.
- Levine, R., Zervos, S., 1998. Stock Markets, Banks, and Economic Growth. *American Economic Review*, 88: 537-558.
- Taşkıran, R., 2011. Türkiye' de Tarımsal Kredi Politikaları Uygulamaları. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, Ankara.
- TBB, 2013. Türkiye Bankalar Birliği Verileri. <http://www.tbb.org.tr/tr/banka-ve-sektor-bilgileri/istatistiki-raporlar/59> Erişim Tarihi: 15.07.2013.
- Terzi, H., Oltulular, S., 2004. Türkiye'de Ekonomik Büyüme Enflasyon Süreci: Sektörler İtibariyle Ekonometrik Bir Analiz. *Bankacılar Dergisi*, Sayı: 50, 19-34.
- TÜİK, 2013. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/Bolgesel/menuAction.do> Erişim Tarihi: 15.07.2013.
- Türkekel, B., 2008. Türkiye'de Enflasyon Büyüme İlişkisi: Tarım Sektörü İtibariyle Ekonometrik Bir Analiz. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 44 (1): 163-175.
- Uzunöz, M., Akçay, Y., 2010. Türkiye'de Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi 1970-210. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 3(2): 1-16.
- Yıldız, E., Oğuzhan, A., 2007. Türkiye'de Uygulanan Para Politikalarının Tarımsal Üretime Etkisi: Model Denemesi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 9(2): 206-225.

Farklı Fotoperiyot Şartlarında *in vitro* Olarak Yetiştirilen patates (*Solanum tuberosum L.*)'lerde BAP'ın NAA ve IBA ile Birlikte Mikro Yumru Oluşturma Üzerine Etkileri

Ahmet Metin KUMLAY¹, Neşet ARSLAN², Canan KAYA³

ÖZET: Bu çalışma, benzyl aminopurine (BAP)'in tek başına ya da α -naphthaleneacetic acid (NAA) ve indole-3-butyric acid (IBA) ile birlikte Pasinler, Granola ve Caspar patates çeşitlerinin tek boğum sürgün kesimlerinin mikroyumru (MY) oluşturması üzerine etkisini belirlemek için yürütülmüştür. Eksplantlar kısa gün şartları (8 saat ışık) ve tamamen karanlık şartları gibi iki farklı fotoperiyot şartlarında gelişmeye bırakılmışlardır. Bu makalede patateste MY oluşumu özelliklerinden alınan gözlemler değerlendirilmiştir. MY oluşumu tamamen karanlık şartlarda (50.98 gün) kısa gün şartlarına göre (55.88 gün) daha erken başlamıştır. Karanlık şartlarda MY sayısı (2.94 adet) 8 saat ışık şartlarına göre (2.35 adet) daha fazla elde edilmiştir. Aradaki fark istatistiki olarak önemli olmamasına rağmen, toplam MY ağırlığının da karanlık şartlarda (432.02 mg), kısa gün şartlarından (389.13 mg) daha fazla olduğu görülmüştür. Hiç hormon içermeyen MS ortamı (kontrol) en yüksek MY değerleri vermiştir. Elde edilen sonuçlar, tamamen karanlık şartların kısa gün şartlarına göre, %8 sukroz içeren hormonsuz kontrol ortamının diğer bitki büyüme düzenleyicilerine göre daha üstün olduğunu, BAP+IBA uygulamasının kontrolden sonraki en uygun uygulama olduğunu göstermiştir. Bulgular ayrıca, kullanılan bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisinin çeşide bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Patates, biyoteknoloji, doku kültürü, *in vitro*, mikroyumru

The Effects of BAP with NAA and IBA on Microtuberization of *in vitro* Grown Potatoes (*Solanum tuberosum L.*) under Different Photoperiod Conditions

ABSTRACT: The present research was carried out to determine the effect of benzyl aminopurine (BAP) with α -naphthaleneacetic acid (NAA) and indole-3-butyric acid (IBA) combinations on the microtuberization of Pasinler, Granola and Caspar potato genotypes using stem segments with single nodes. Explants were incubated at two different photoperiod conditions such as short day (8 hours daylight) and continuous dark. Observations from the microtuber characteristics were examined in this article. Microtuberization started earlier under continuous dark (50.98 days) than short days (55.88 days) conditions. Higher number of microtubers per plantlets was determined on continuous dark (2.94) than 8 hours photoperiod (2.35). Total microtuber weight was also higher under continuous dark (432.02 mg) than short day (389.13 mg) although differences between them were insignificant. Presented results showed that the effect of continuous dark was more dominant than short days and the influence of control treatment including only 8% sucrose and combination of BAP+IBA was more pronounced compared to other hormonal treatments. Findings of the research also revealed that the effect of PGRs on plantlet characteristics studied was variable depending on the genotype.

Keywords: Potato, biotechnology, tissue culture, *in vitro*, microtuber

¹ İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İğdır, Türkiye

² Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye

³ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Endüstri Bitkileri, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: akumlay@hotmail.com

GİRİŞ

In vitro şartlarda mikroyumru (MY) çoğaltımı patates (*Solanum tuberosum* L.) tohumluk programı içerisinde temel tohumluk elde edilirken kullanılmaktadır. Son yıllarda sertifikalı tohumluk üretim programlarında, gen kaynaklarının muhafazası ve dağıtımında ve yumru oluşum mekanizmalarının çalışmasında MY kullanımı gittikçe daha büyük bir önem kazanmıştır (Coleman et al., 2001, Donnelly et al., 2003). MY oluşumunun başlaması ve devamı için etkili faktörlerin; ışık şiddeti ve kalitesi, sıcaklık, patates çeşidi, explant kaynağı ve tipi, sukroz ve değişik büyüme düzenleyicilerinin kombinasyonu olduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur (Khuri and Moorby, 1995; Hossain, 2005; Ghavidel et al., 2012).

Çeşidin *in vitro* şartlarda MY elde edilmesini etkileyen en önemli faktörlerden olduğu, (Hossain, 2005), erkenci çeşitlerin geçcilere göre daha erken MY oluşturmaya başladığı (Levy et al., 1993) ve bazı çeşitlerin fitohormon olmazsa dahi MY oluşturmaya başladığı (Aryakia and Hamidoghli, 2010) rapor edilmiştir.

Besi ortamına ilave edilen sukrozun MY oluşumunda önemli olduğu vurgulanmış; bazı araştırmacılar %6 bazıları ise %8 sukroz konsantrasyonunun ise en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir (Khuri and Moorby, 1995; Coleman et al., 2001; Donnelly et al., 2003). Benzyl aminopurine (BAP), α -naphthaleneacetic acid (NAA) ve indole-3-butyric acid (IBA)'in ortamdaki etilen üretimini ve dolayısıyla MY oluşumunu uyardığı; BAP ilavesiyle yumru oluşum etkinliğinin arttığı (Hossain et al., 2006; Aryakia and Hamidoghli, 2010), BAP'ın sadece %4 (w/v) sukroz konsantrasyonunun üzerinde MY oluşumunu teşvik ettiği (Banfalvi et al., 1997), optimum MY sayısı ve MY ağırlığı için BAP konsantrasyonunun 2 mg L⁻¹ ve fotoperiyotun 8 saat ve olması gerektiği (Belletti et al., 1994) rapor edilmiştir. Ebadi ano Iranbaksh (2011) 80 g L⁻¹ sukroz ve 10 mg L⁻¹ BAP içeren MS ortamlarının bütün bu parametreleri optimize eden bir uygulama olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı farklı fotoperiyot ve bitki büyüme düzenleyicileri (oksin olarak IBA ve NAA, sitokin olarak BAP) kullanılarak Pasinler, Granola ve Caspar patates çeşitlerinin *in vitro* şartlarda MY üretiminin gerçekleştirilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Yeri, Kullanılan Patates Çeşitleri ve Malzemelerin Sterilizasyonu

Araştırma, Erzurum Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada Pasinler, Granola ve Caspar patates çeşitleri kullanılmıştır. Yumru ortamlarının konulduğu cam kavanozlar ve besi ortamlarının hazırlanmasında kullanılan saf su 121 °C'de 15 dakika tutulmak suretiyle sterilize edilmişlerdir. Petri kapları, bisturi, pens ve diğer malzemeler de alüminyum folyoya sarılarak 180-200 °C'de 3 saat süreyle etüvde tutulmak suretiyle sterilize edilmişlerdir.

Besi Yerinin Hazırlanması ve Sterilizasyonu

Besi yeri olarak Murashige and Skoog (1962) tarafından geliştirilen ve günümüzde değişik modifikasyonlarının yaygın bir şekilde uygulandığı MS ortamı kullanılmıştır. Ortam pH'sı 5.6-5.8'e ayarlandıktan sonra, katı besi ortamı için 8 g L⁻¹ agar ilave edilmiş, ortamlar cam balonlar içerisinde 121 °C'de 15 dakika otoklave edilmiş, otoklavdan çıktıktan sonra sıcaklığın 45-50 °C'ye düşmesiyle, yumru elde etmede kullanılacak hormonlar ısıya hassas olduklarından 0.2 µm miliporlardan (Schleicher & Schuell, FP 30/0,2 CA-S; 0.2 µm; 7 bar max) geçirilerek ortama ilave edilmiştir. Daha sonra her bir kavanoza 20-25 ml besi ortamı konularak katılaştırmaları beklenmiştir. Çalışmada kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri ve konsantrasyonları şu şekilde ayarlanmıştır: 1. Ortam: Kontrol, 2. Ortam: 2 mg L⁻¹ BAP, 3. Ortam: 10 mg L⁻¹ NAA+ 2 mg L⁻¹ BAP, 4. Ortam: 10 mg L⁻¹ IBA + 2 mg L⁻¹ BAP.

Bitkisel Materyalin Hazırlanması

Meristemden gelişen bitkicikler steril bisturi yardımıyla tek boğum aralarından kesilerek içlerinde MS+Bitki Büyüme Düzenleyicisi olan kavanozlara aktarılmış; her bir kavanoz içerisine 4 eksplant olacak şekilde ortamların her birinden 5 tekerrür yapılmıştır.

Çalışmada Uygulanan Fotoperiyot Şartları

Besi ortamına alınan bitkicikler 4 hafta boyunca meristem ve çoğaltım şartlarıyla aynı tutulmuş [16 saat aydınlık, 8 saat karanlık (24±2 °C), 2000 lüks ışık yoğunluğu], daha sonra 2 farklı fotoperiyot şartlarına alınmış ve büyütme kabinlerindeki ışık ve sıcaklık uygulamaları şu şekilde ayarlanmıştır: 1. Fotoperiyot: 8 saat aydınlık (22±2 °C) ve 16 saat karanlık (16±2 °C),

2. Fotoperiyot: Tamamen Karanlık (8 saat 22±2 °C, 16 saat 16±2 °C).

Yapılan Gözlem ve Ölçümler ve Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada MY oluşum başlangıcı gün sayısı, MY oluşturan bitki oranı (%), stolon sayısı (adet), toplam MY sayısı (adet), bitki başına MY ağırlığı (mg), ortalama tek MY ağırlığı (mg) ve MY çapı (mm) gözlemleri alınmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler TARIST paket programında, “Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Deseni”ne göre 2 fotoperiyot, 3 çeşit ve 4 farklı besi ortamı 5 tekerrürlü olarak değerlendirilmiştir.

Ele alınan her bir özellik için fotoperiyot, çeşit ve besi ortamları arasındaki farklılıklar LSD testi uygulanarak belirlenmiş; bu faktörler arasındaki etkileşimler de grafik çizilerek izah edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 1 ve 2).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda değerlendirmeye tabi tutulan bitki özelliklerine fotoperiyot, çeşit ve ortamların etkileri ayrı alt başlıklar altında değerlendirilmiştir.

İlk mikroyumru oluşum başlangıcı gün sayısı (MYGS)

Fotoperiyot, çeşit ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam etkileşimi çok önemli ($p < 0.01$), fotoperiyot x ortam etkileşimi önemli ($p < 0.05$), fotoperiyot x çeşit ve fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimi önemsiz ($p > 0.05$) olarak belirlenmiştir. Fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimi önemsiz olarak belirlenmesine rağmen, MY oluşumunun tamamen karanlık şartlarda Pasinler çeşidinde BAP+IBA ortamında en erken başladığı (32.2 gün), bunu yine karanlık şartlarda BAP+IBA ortamında Caspar çeşidinin (39.2 gün) ve kontrol ortamında Granola çeşidinin (40.6 gün) takip ettiği görülmektedir (Şekil 1 ve Çizelge 2).

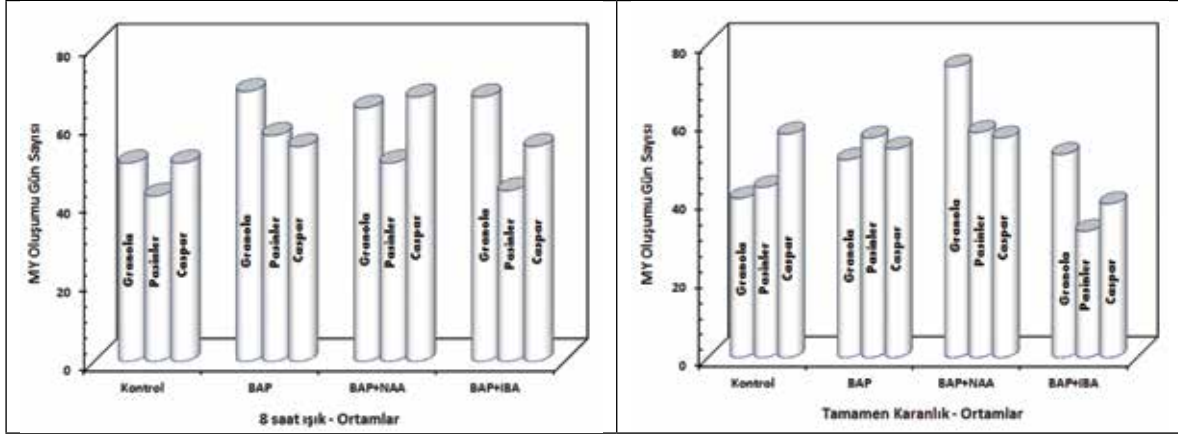
Çizelge 1. Patates çeşitlerinden alınan gözlem ve değerlendirmeler üzerine fotoperiyot, çeşit ve hormon uygulamalarının etkisi ile ikili etkileşim F değerleri

Uygulamalar	Alınan Gözlemler						
	MYGS (gün)	MYO (%)	SS (adet)	TMYS (adet)	BBMYA (mg)	TMYA (mg)	MYÇ (mm)
Fotoperiyot Ortalamaları							
8 saat Işık	55.88b	80.83	5.48b	2.35b	389.13	167.87	5.12a
Karanlık	50.98a	75.83	6.68a	2.94a	432.02	153.98	3.91b
Fotoperiyot F	7.289**	1.412 ^{ns}	16.859**	12.876**	1.248 ^{ns}	0.924 ^{ns}	15.904**
Çeşit Ortalamaları							
Pasinler	47.78a	81.25	6.60a	2.89	502.48a	184.03a	5.06a
Granola	58.45b	75.00	6.05ab	2.63	277.25b	108.28b	3.80b
Caspar	54.08b	78.75	5.60b	2.43	452.00a	190.48a	4.68a
Çeşitler F	11.657**	0.745 ^{ns}	3.915*	2.639 ^{ns}	12.638**	13.350**	6.075**
Hormon Uygulamaları Ortalamaları							
Kontrol	47.37a	90.00a	8.17a	3.00a	466.07a	168.77	4.57a
BAP	56.70b	78.33ab	4.83c	2.83a	419.93a	160.80	5.05a
BAP+NAA	61.60b	66.67b	4.37c	1.85b	281.77b	155.07	3.60b
BAP+IBA	48.07a	78.33ab	6.97b	2.90a	474.53a	159.07	4.83a
Uygulamalar F	14.468**	5.124**	37.581**	10.526**	5.394**	0.159 ^{ns}	4.456**
İnteraksiyon F Değerleri							
FP x Çeşit F	1.376 ^{ns}	0.353 ^{ns}	1.873 ^{ns}	3.313*	1.124 ^{ns}	2.236 ^{ns}	0.196 ^{ns}
FP x Ortam F	3.862*	0.679 ^{ns}	1.544 ^{ns}	0.561 ^{ns}	2.797*	3.535*	5.213**
Çeşit x Ortam F	3.530**	1.791 ^{ns}	11.681**	6.102**	2.259*	1.369 ^{ns}	1.877 ^{ns}

FP: Fotoperiyot, MYGS: Mikroyumru oluşumu gün sayısı, MYO: Mikroyumru oluşum oranı, SS: Stolon Sayısı, TMYS: Toplam mikroyumru sayısı, BBMYA: Bitki başına mikroyumru ağırlığı, TMYA: Tek mikroyumru ağırlığı, MYÇ: Yumru Çapı
 **: %1 seviyesinde önemli, *: %5 seviyesinde önemli, ns: önemli değil.

Tamamen karanlık şartlarda MY oluşumunun daha erken başladığı, kültüre alındıktan sonraki ilk devrelerde karanlık şartlarda yumru oluşum hızı, yumru sayısı, yumru büyüklüğünün daha fazla olduğu, ileriki aşamalarda ise 8 saatlik ışık periyodunda yumru sayısı ve büyüklüğünün daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ortiz-Montiel ve Lozoya-Saldana (1987) yumru oluşum başlangıcının 5. haftadan itibaren (35. gün) başladığını, Slimmon et al., (1989) tek boğum kesimlerinden elde edilen

bitkiciklerin %47'sinin ilk 4 haftalık süre sonunda tamamen karanlık şartlarda yumru meydana getirdiğini, buna karşın 8 saatlik ışık şartlarında bu oranın %20 olduğunu, Costa et al. (1991) ilk yumru oluşumunun 30. günden itibaren başladığını rapor etmişlerdir. Dobranszki and Mandi (1993) 8 saatlik ışık uygulamasının yumru oluşumunu geciktirdiğini, buna karşın 8 saatlik fotoperiyottan sonra uygulanan tamamen karanlık şartların hızlı bir yumru oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

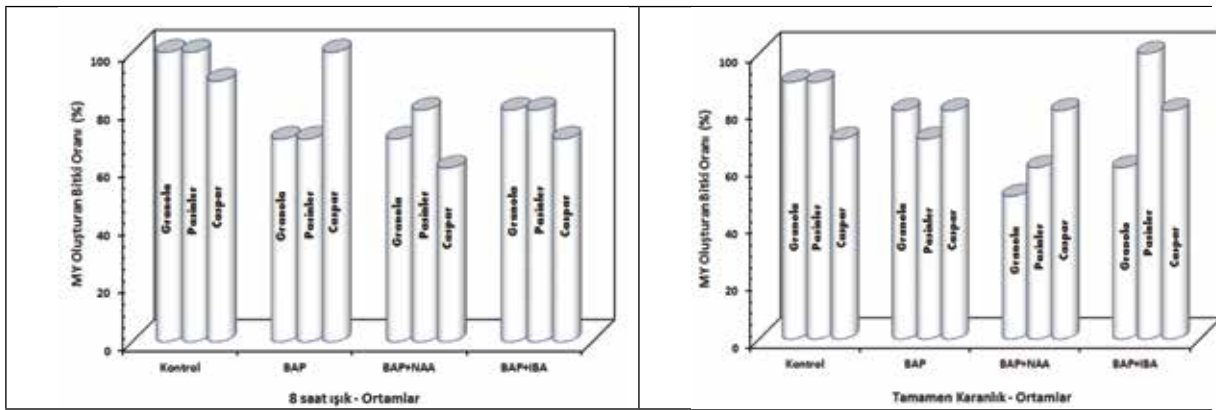


Şekil 1. Mikroyumru oluşumu gün sayısı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi.

Mikro Yumru Meydana Getiren Bitki Oranı (MYO, %)

Farklı ışıklandırma ve büyütme ortamlarından elde edilen MYO değerleri, varyans analiz sonuçları ve LSD grupları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

MYO yönünden sadece hormon uygulamaları açısından çok önemli farklılık bulunmuş ($p < 0.01$), diğer bütün uygulama ve interaksiyonlar açısından meydana gelen farklılık önemsiz ($p > 0.05$) olarak belirlenmiştir (Şekil 2 ve Çizelge 2).



Şekil 2. Mikroyumru meydana getiren bitki oranı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi.

Slimmon et al (1989) yaptıkları çalışmada, 8 saatlik fotoperiyodun ilk 4 haftalık diliminde yumru oluşum oranının karanlık periyoda göre düşük

olduğunu, ancak 8 haftalık ve 12 haftalık inkübasyon döneminde benzer sonuçlar elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 2: Patates çeşitlerinden alınan gözlemler üzerine fotoperiyot, çeşit ve hormon uygulamalarının üçlü interaksiyon etkileri

FP	Çeşit	Ortamlar	Alınan Gözlemler						
			MYGS (gün)	MYO (%)	SS (adet)	TMYS (adet)	BBMYA (mg)	TMYA (mg)	MYÇ (mm)
8 saat Işık	Pasinler	Kontrol	42.0	100	6.4d-h	2.0	527.2	259.2	6.2ab
		BAP	57.4	70	4.8h-l	2.6	519.0	227.4	6.8a
		BAP+NAA	50.4	80	5.2f-k	2.1	451.2	211.2	5.2a-f
		BAP+IBA	43.4	80	6.8d-h	2.9	454.0	148.4	5.0a-g
	Granola	Kontrol	50.4	100	9.0bc	3.0	373.8	131.0	6.2ab
		BAP	68.6	70	2.8l	1.8	163.8	91.6	3.6e-j
		BAP+NAA	64.4	70	3.8j-l	1.5	183.0	119.4	4.0c-i
		BAP+IBA	67.2	80	5.4e-k	2.6	150.0	55.0	3.6e-j
	Caspar	Kontrol	50.4	90	7.4c-e	2.7	644.0	236.6	6.0a-c
		BAP	54.6	100	5.4e-k	3.0	487.2	181.2	5.6a-e
		BAP+NAA	67.2	60	3.4kl	1.4	210.2	158.6	3.4f-j
		BAP+IBA	54.6	70	5.4e-k	2.6	506.2	194.8	5.8a-d
Karanlık	Pasinler	Kontrol	43.4	90	7.2c-f	2.8	431.8	157.6	4.2b-i
		BAP	56.0	70	7.0c-g	4.6	466.6	102.0	3.1g-j
		BAP+NAA	57.4	60	5.6e-j	2.7	489.0	167.8	4.6b-h
		BAP+IBA	32.2	100	9.8b	3.4	681.0	198.6	5.4a-f
	Granola	Kontrol	40.6	90	13.0a	5.0	504.8	103.2	2.4i-j
		BAP	50.4	80	4.0i-l	2.2	444.2	204.2	5.0a-g
		BAP+NAA	74.2	50	4.0i-l	2.0	88.4	53.0	1.8j
		BAP+IBA	51.8	60	6.4d-h	2.9	310.0	108.8	3.8d-j
	Caspar	Kontrol	57.4	70	6.0d-i	2.5	314.8	125.0	2.4i-j
		BAP	53.2	80	5.0g-k	2.8	438.8	158.4	6.2ab
		BAP+NAA	56.0	80	4.2i-l	1.4	268.8	220.4	2.6h-j
		BAP+IBA	39.2	80	8.0b-d	3.0	746.0	248.8	5.4a-f
Fotoperiyot x Çeşit x Ortam F değeri			2.10 ^{ns}	1.82 ^{ns}	2.73*	1.57 ^{ns}	1.48 ^{ns}	2.05 ^{ns}	2.79*

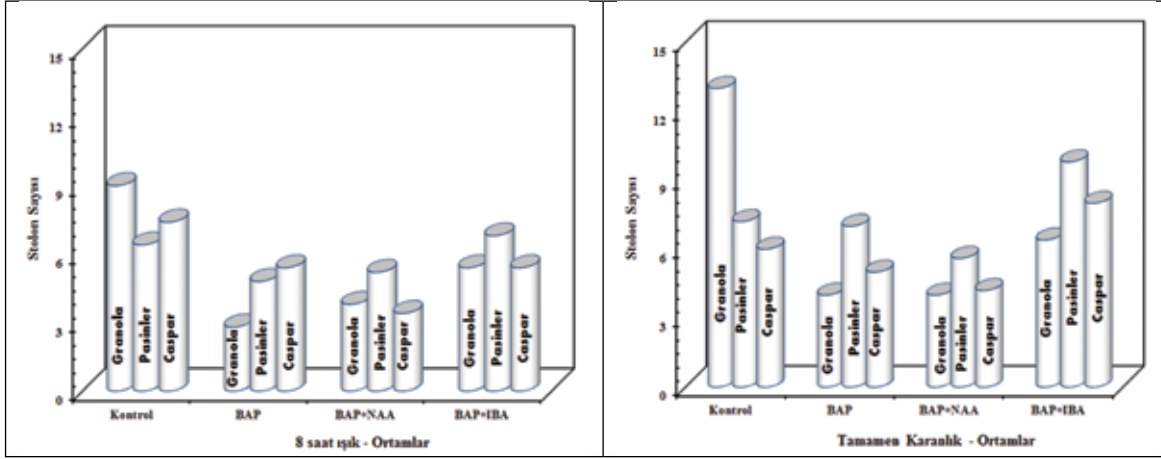
FP: Fotoperiyot, MYGS: Mikroyumru oluşumu gün sayısı, MYO: Mikroyumru oluşum oranı, SS: Stolon Sayısı, TMYS: Toplam mikroyumru sayısı, BBMYA: Toplam mikroyumru ağırlığı, TMYA: Tek mikroyumru ağırlığı, YÇ: Yumru Çapı

** : %1 seviyesinde önemli, * : %5 seviyesinde önemli, ns: önemli değil.

Stolon Sayısı (SS, adet)

Fotoperiyot ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam interaksiyonu çok önemli (p<0.01),

çeşitler arasındaki fark ile fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonu önemli (p<0.05), fotoperiyot x çeşit ve fotoperiyot x ortam interaksiyonu önemsiz (p>0.05) olarak belirlenmiştir (Çizelge 1 ve 2).



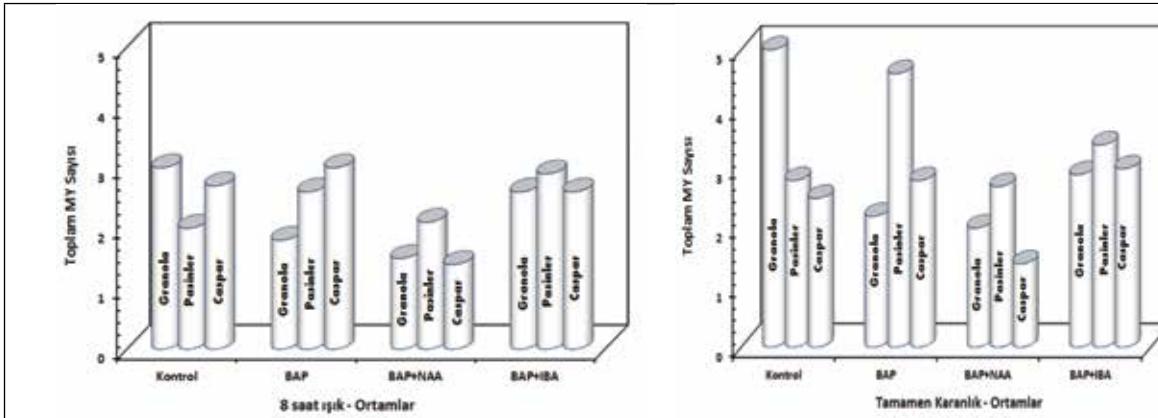
Şekil 3. Stolon sayısı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi

En yüksek SS tamamen karanlık şartlarda kontrol ortamında Granola çeşidinden elde edilmiş (13.0 adet), bunu karanlık şartlarda BAP+IBA ortamında Pasinler (9.8 adet), 8 saat ışık şartlarda kontrol ortamında Granola çeşidi (9.0 adet) ve tamamen karanlık şartlarda BAP+IBA ortamında Caspar çeşidi (8.0 adet) takip etmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 3). Yapılan gözlemlerde *in vitro* şartlarda stolonların genelde üst bitki aksamlarında oluştuğu, bazı durumlarda ise saplardaki koltukaltı boğumlarından meydana geldiği belirlenmiştir.

Toplam Mikroyumru Sayısı (TMYS)

Farklı ışıklandırma ve büyütme ortamlarından elde

edilen bitki başına TMYS değerleri, varyans analiz sonuçları ve LSD grupları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Fotoperiyot ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam etkileşimi çok önemli ($p < 0.01$), fotoperiyot x çeşit etkileşimi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Öte yandan, çeşitler ile fotoperiyot x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimi önemsiz ($p > 0.05$) olarak belirlenmiştir. En yüksek TMYS tamamen karanlık şartlarda kontrol ortamında Granola çeşidinden elde edilmiş (5 adet), bunu yine tamamen karanlık şartlarda Pasinler çeşidi BAP (4.6 adet) ve BAP+IBA (3.4 adet) ortamları ile takip etmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 4).



Şekil 4. Toplam mikroyumru sayısı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi.

Hormonsuz %8 sukroz konsantrasyonunda, bitki başına en az 1 adet yumru elde edildiği ve bu sonucun hormonlarla elde edilen sonuçlarla çok benzer olduğu not edilmiştir (Dobranszki and Mandi, 1993).

Belletti ve ark. (1994) 2 mg L⁻¹ BAP, Rafique et al. (2004) ise %6 sukroz+1µM BAP konsantrasyonundan en yüksek

TMYS elde edildiğini vurgulamışlardır. Lentini ve Earla (1991) bitki başına ortalama 2-6 adet MY, Gopal

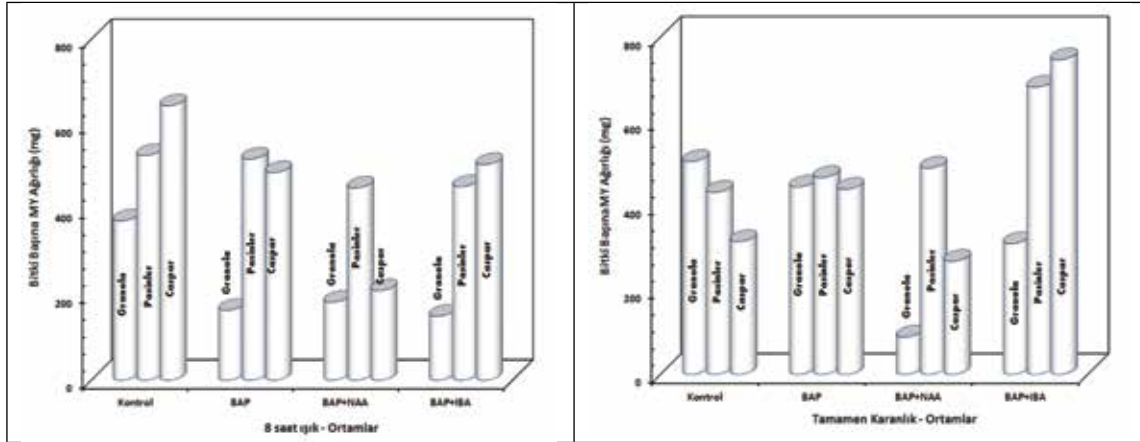
et al. (1998) ise en fazla 2 adet MY elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Bitki Başına Mikro Yumru Ağırlığı (BBMYA, mg)

Çeşit ve ortamlar arasındaki farklılık çok önemli bulunurken ($p < 0.01$); fotoperiyot x ortam ve çeşit ortam etkileşimleri önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Fotoperiyot farkları ile fotoperiyot x çeşit ve fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimleri ise önemsiz olarak

belirlenmiştir ($p>0.05$). En yüksek BBMYA karanlık şartlarda BAP+IBA uygulamasında Caspar çeşidinden (746 mg) elde edilmiş; bunu yine karanlık şartlarda

BAP+IBA uygulamasında Pasinler çeşidi (681 mg) ve 8 saat ışık şartlarındaki kontrol uygulamasında Caspar çeşidi (644 mg) takip etmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 5).



Şekil 5. Bitki başına mikroyumru ağırlığı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi.

8 saatlik fotoperiyot uygulamasının başlangıç aşamalarında yumru oluşum hızı yavaş olmasına rağmen, ilerleyen aşamalarda bu hızın arttığı ve MY sayısında ve ağırlığında önemli oranda artışlar meydana geldiği görülmüştür (Slimmon et al., 1989). Gopal et al. (1998) BBMYA'nın 207.49-644.84 mg, Lentini ve Earla (1991) ise 640-2010 mg arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Desiree çeşidinin %6 sukroz+6 mg L⁻¹ BA, Cardinal çeşidinin ise %8 sukroz+6 mg L⁻¹ BA kombinasyonundan en uygun TMYs ve BBMYA verdiği ve sukroz oranı artırılarak BA konsantrasyonunun düşürülebileceği (Aslam et al., (2011), elde edilen sonuçların çeşide özgü olduğu (Sharma et al., 2011) rapor edilmiştir.

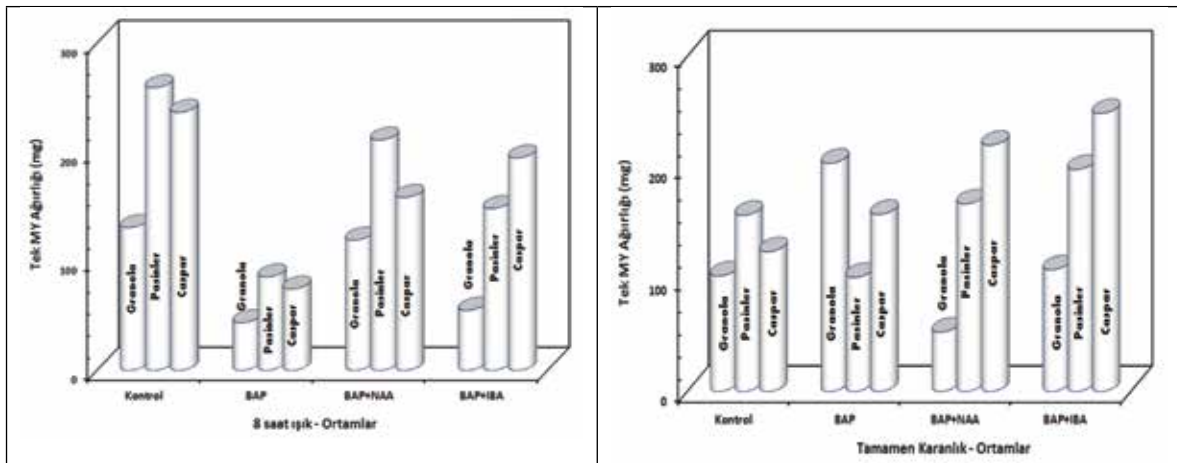
Tek Mikroyumru Ağırlığı (TMYA)

Çeşitler arasındaki fark çok önemli bulunurken

($p<0.01$), fotoperiyot x ortam interaksyonu önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Fotoperiyotlar ve ortamlar arasındaki farklılık ile fotoperiyot x çeşit, çeşit x ortam, fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonu ise önemsiz olarak belirlenmiştir ($p>0.05$).

En yüksek TMYA 8 saat ışık şartlarında kontrol uygulamasında Pasinler çeşidinden (259.2 mg) elde edilmiş; bunu karanlık şartlarda BAP+IBA (248.8 mg) ve aydınlık şartlarda kontrol (236.6 mg) ortamlarında Caspar çeşidi takip etmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 6). Harvey et al. (1991) sadece sukroz bulunan ortamdan ortalama 214 mg ağırlığında

TMYA elde ederken, Lentini and Earla (1991) 130-470 mg ve Gopal et al (1998) ise 114.69-363.76 mg arasında TMYA elde etmişlerdir.

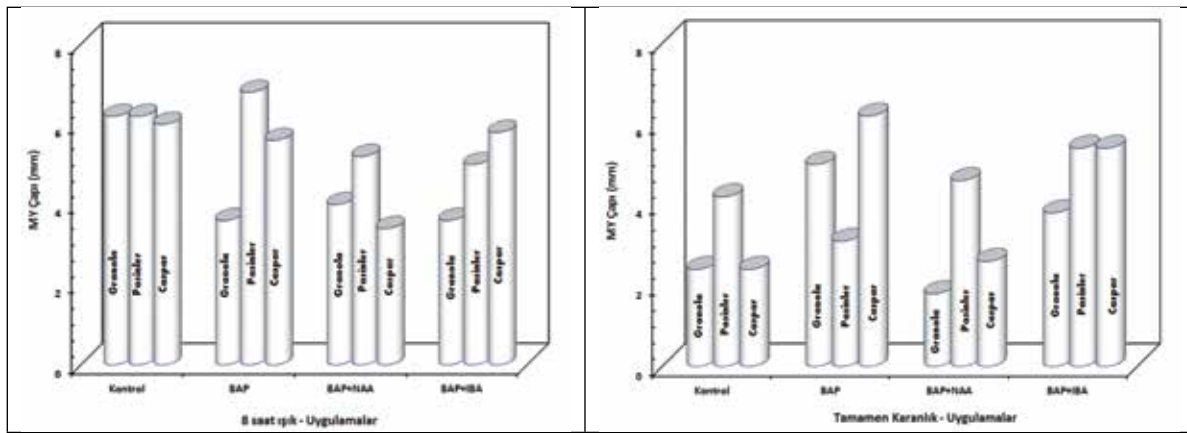


Şekil 6. Ortalama tek mikroyumru ağırlığı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi

Mikroyumru Çapı (MYÇ, mm)

Fotoperiyotlar, çeşitler ve ortamlar arasındaki fark ile fotoperiyot x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonu çok önemli bulunurken ($p < 0.01$), fotoperiyot x çeşit ve çeşit x ortam interaksyonu önemsiz olarak belirlenmiştir ($p > 0.05$). En yüksek MYÇ 8 saat ışık şartlarında BAP ortamında Pasinler çeşidinden (6.8 mm) elde edilmiş; bunu tamamen karanlık şartlarda BAP ortamında Caspar çeşidi, 8 saat ışık şartlarında kontrol ortamında Pasinler çeşidi, 8 saat ışık şartlarında kontrol ortamında Granola çeşidi 6.2 mm MY çapı ile ve yine 8 saat ışık şartlarında

kontrol ortamında Caspar çeşidi 6 mm MY çapı ile takip etmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 7). Slimmon ve ark. (1989) karanlık şartlarda MYÇ'nin 0.48 ile 0.60 cm, buna karşın kısa gün şartlarında bu oranların 0.58 ile 0.75 cm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Forti et al (1991) kısa gün şartlarında üretilen MY'ların tamamen karanlık şartlarda elde edilenlere göre; Levy et al (1993) ise erkenci çeşitlerden alınan MY'ların geçici çeşitlere göre çaplarının daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. Aryakia and Hamidoghli (2010) 1 mg L⁻¹ BAP konsantrasyonunun MY ağırlığı ve büyüklüğünü artırmada en uygun konsantrasyon olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 7. Mikroyumru çapı üzerine hormon uygulamaları ve fotoperiyot şartlarının etkisi

SONUÇ VE TARTIŞMA

Işık şartlarında oluşan MY'ların klorofil pigmentasyonundan dolayı genelde yeşilimtrak renkten koyu yeşile, koyu kahverengiden mor rengine kadar değiştiği ve daha kalın kabuklu olduğu görülmüştür. Buna karşın, karanlık şartlarda oluşan MY'ların ışık yokluğundan dolayı çoğunlukla (%90'ın üzerinde) normal yumru rengini yansıttığı, yumru renginin beyaz ve açık sarıdan koyu sarı rengine kadar değiştiği ve daha hassas yumrular oluştuğu görülmüştür. Karanlık şartlarda elde edilen MY'ların rengi doğal patates yumru renkleriyle uyumlu olmasına rağmen yumru büyüklük dağılımında heterojen bir yapı göze çarpmıştır. Buna karşın, kısa gün şartlarında elde edilen MY'ların daha homojen bir dağılım gösterdiği, çeşitlerin tarla ve sera şartlarında elde edilen karakteristik yumru şekline daha yakın yumru şekli meydana getirdiği gözlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmaların birçoğunda MY'ların bitkiciklerin alt, orta ve uç kısımlarında oluştuğu ve çok nadir olarak bazı bitkiciklerin agar içerisinde meydana geldiği rapor edilmiştir (Nasiruddin and Blake 1994). Işık şartlarında elde edilen MY'ların ya direkt ya da kısmen agar ortamı içerisinde geliştiği, buna karşın karanlık şartlarda ise daha üst bitki aksamlarında MY

oluşumu görüldüğü belirlenmiştir. Besi ortamı içinde veya besi ortamıyla temas halinde olan MY'ların oldukça yüksek taze ağırlık vermesinin sebebi, besi ortamıyla direkt temas halinde olan MY'ların lentiselleri vasıtasıyla ortamdaki besin alabilmesinin mümkün olmasındandır. Besi ortamında meydana gelen MY'larda üst bitkicik aksamlarında elde edilenlere göre, oldukça önemli bir oranda lentsel gelişimi olduğu görülmüştür. Ancak, lentisellerdeki bu önemli artışın, hasattan sonra MY'ları hemen kurumaya ve sıvı kaybına karşı daha hassas kıldığı da rapor edilmiştir (Slimmon et al., 1989).

Tamamen karanlık şartlarda MY oluşumunun daha erken başladığı, toplam MY sayısının ve ağırlığının daha fazla olduğu, buna karşın 8 saatlik fotoperiyot (kısa gün) şartlarında ise MY oluşum oranının, ortalama tek MY ağırlığının ve MY çapının daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Elde edilen bu sonuçlar, tamamen karanlık şartların MY oluşumu için daha uygun olduğunu belirten Hoque (2010)'un çalışmasıyla benzerlik arz ederken, Seabrook et al (1993), Hossain, (2005), Pruski et al (2001) ile Yasmin et al (2011)'nin çalışmalarından ise farklılık göstermektedir. Kısa gün (8 saat fotoperiyot) şartlarında tek MY büyüklüğünün ve

MY çapının daha fazla olduğu ve daha uniform MY'lar meydana geldiği gözlenmiştir. Kısa gün şartlarında elde edilen toplam MY ağırlığının tamamen karanlık şartlara göre istatistiki anlamda farklı olmamasına rağmen, daha sonraki sera ve tarla uygulamalarında buradan elde edilen daha büyük çaptaki MY'ların bir avantaj sağlayacağı sonucu çıkarılabilir. Bu sonuçlardan; tek boğum kesimlerinin ilk 4 haftalık süre boyunca uzun gün şartlarında (16 saat aydınlık, 8 saat karanlık) tutularak iyi bir bitki gelişiminin sağlanması ve daha sonra kısa gün şartlarına (16 saat karanlık, 8 saat aydınlık) alınarak yeterli MY oluşumunun teşvik edilmesi en uygun uygulama gibi görülmektedir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda kısa gün şartlarındaki ışık şiddetinin düzenlenmesi ile daha verimli sonuçlar alınabileceği ve bu konuda çalışmalar yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Çeşitlerin *in vitro* şartlarda MY meydana getirme özellikleri yönünden toplam MY sayısı yönünden istatistiki anlamda önemli farklılıkların olmadığı, buna karşın toplam ve tek MY ağırlıkları ile MY çapı yönünden farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Mahdi et al (2004) çeşitlerin fotoperiyot tepkilerinin çeşide özgü olduğunu; bazı çeşitlerin ışık şartlarında, bazılarının ise karanlık şartlarda MY meydana getirdiğini vurgulamışlardır. Bu sonuç *in vitro* şartlarda TMYS ve TMYA'nın çeşitlere özgü olduğunu rapor eden Aslam ve ark. (2011, Sharma et al. (2011) ile Srivastava et al (2012)'nin çalışmalarından farklılık arzetmektedir. Pasinler çeşidi Caspar ve Granola çeşitlerine göre daha yüksek TMYS ve TMYA vermesine rağmen (Çizelge 2), Caspar ve Granola'dan elde edilen *in vitro* yumruların gerçek yumru özelliklerini daha doğru yansıttığı gözlenmiştir. Buna karşın, Pasinler çeşidinden elde edilen MY'ların düzensiz şekilli olması bu çeşide olan ilgiyi azaltmış, ancak yeni hormon kombinasyonlarının kullanılmasıyla bu çeşidin özelliklerinin geliştirilmesi ve pratiğe aktarılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Doğu Anadolu Patates Islah Çalışmaları'ndan elde edilen yeni hat ve klonlar ile yeni ticari çeşitlerin MY meydana getirme özelliklerinin test edilmesi ve tohumluk programlarına olumlu tepkiler veren bu çeşitlerin alınmasıyla, patates tohumluk endüstrisine yeni açılımların kazandırılması mümkün olabilecektir.

Elde edilen sonuçlardan da görülebileceği gibi sadece %8 sukroz içeren kontrol ortamının hormon uygulamalarına göre daha yüksek MY özellikleri verdiği belirlenmiştir. Kontrolde sonraki en iyi uygulamanın BAP+IBA kombinasyonu olduğu, bunu tek başına BAP uygulamasının takip ettiği ve

BAP+NAA uygulamasının ise en düşük MY özellikleri verdiği görülmektedir (Çizelge 1). Buna göre; optimum bir MY sayısı ve verimi için besi ortamına yalnızca oksin veya sitokin ilavesinin tek başına etkili olamadığı, oksin ve sitokinlerin dengeli bir şekilde aynı anda kullanılmasının gerektiği, ya da yumru oluşumunun farklı safhalarında değişik fitohormonlarının kullanılmasıyla bitki büyüme düzenleyicilerinin yumru karakteristiklerini kontrol etmelerinin sağlanması gerektiği sonucu çıkarılabilir. Bu durumda fitohormonlar başlangıçta bitkilerin iyi gelişimi sağlayacak ve daha sonraki aşamalarda ise yumru veriminde etkili olabilecektir. Örneğin; bir sitokininin genelde yumru oluşum başlangıcını etkilediği ve bu nedenle yumru sayısını büyük oranda artırdığı, buna karşılık oksinlerin temelde yumru büyümesini artırdığı ve daha büyük yumruların oluşumuna sebebiyet verdiği göz önüne alındığında, bu iki kimyasalın besi ortamında dengeli bir şekilde kullanılması halinde uniform ve kaliteli MY'ların alınacağı aşıkardır. Oksin ve sitokin miktarını optimize etmek ve bunları farklı sukroz konsantrasyonları ile dengelemek için yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuçların boğum kesimlerinden alındığı dikkate alındığında, daha sonraki çalışmalarda farklı bitki aksamalarının (stolon, sap parçası ya da MY) yeni besi ortamlarında denenmesi ve tepkilerinin kontrol edilmesi yararlı olacaktır.

Uygun besi ortamı ve fotoperiyodun belirlenmesinde sadece MY sayısı ve MY ağırlığının dikkate alınması yeterli olmamakta, elde edilen MY'nun hastalıktan arı olması, göz sayısı ve dormansi durumu ile hasat indeksinin de gözönüne alınması gerekmektedir. Hasat indeksi elde edilen taze MY yumru ağırlığının toplam biyomasa oranını göstermekte ve bu oranın yüksek olması arzu edilmektedir. Son yıllarda kullanımı gittikçe yaygınlaşan ve yeni geliştirilen bioreaktör gibi birçok kütleli MY üretim metodolojisi, ticari üretim için alternatif metotlardan olup, belirtilen bütün yumru karakteristiklerinin optimize edilmesini mümkün kılmaktadır (Piao et al., 2003; Kamarainen-Karppinen et al., 2010; Sarekanno et al., 2012). Bu metotlar bitki başına yumru sayısını artırdığı gibi, MY'ların büyüklük ve ağırlıklarını da artırmakta ve bu nedenle herhangi bir ön muameleye tabi tutulmadan depolanabilmesine ve doğrudan tarlaya dikilmesine izin verebilmektedir. Hastalısız patates tohumluğu üretimi için gelişmekte olan bu teknolojilerin ülkemiz patates tohumluk üretim programlarında mutlaka istihdam edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, hali hazırda mevcut problemlerin çoğunun kısa sürede çözülebileceği görülecektir.

KAYNAKLAR

- Aryakia, E., Hamidoghli, Y., 2010. Comparison of kinetin and 6-benzyl amino purine effect on *in vitro* microtuberization of two cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). American-Euroasian J. Agric. & Environ. Sci., 8 (6): 710-714.
- Aslam, A., Ali, A., Naveed, N. H., Saleem, A., Iqbal, J., 2011. Effect of interaction of 6-benzyl aminopurine (BA) and sucrose for efficient microtuberization of two elite potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars, Desiree and Cardinal. African J of Biotechnology, 10 (59): 12738-12744.
- Banfalvi, Z., Molnar, A., Kostyal, Z., Lakatos, L., Molnar, G., 1997. Comparative studies on potato tuber development using an *in vitro* tuber induction system. Acta Biologica Hungarica, 48(1):77-86.
- Belletti, P., Lanteri, S., Lotito, S., Saracco, F., 1994. Production of potato microtubers through *in vitro* culture. Acta Horticulturae (Eds. L. Quagliotti and P. Belletti), 362: 141-148.
- Coleman, W. K., Donnelly, D. J., Coleman, S. E., 2001. Potato microtubers as research tools: A review. Am J Potato Research, 78: 47-55.
- Costa, E., Terras, W., Jerez, E., 1991. Induction of tuberization *in vitro* in stem segments of potatoes with a bud and a leaf. Cultivos Tropicales, 12 (1): 87-90.
- Dobranszki, J., Mandi, M., 1993. Induction of *in vitro* tuberization by short day period and dark treatment of potato shoots grown on hormone-free medium. Acta Biologica Hungarica, 44 (4): 411-420.
- Donnelly, D. J., Coleman, W. K., Coleman, S. E., 2003. Potato microtuber production and performance: a review. Am J of Potato Res 80: 103-115.
- Ebadi, M., Iranbaksh, A., 2011. The induction and growth of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers (sante cultivar) in response to the different concentrations of 6-benzylaminopurine and sucrose. African J of Biotechnology 10 (52): 10626-10635.
- Forti, E., Mandalino, G., Ranalli, P., 1991. *In vitro* tuber induction: influence of the variety and of the media. Acta Horticulturae 300: 127-132.
- Ghavidel, R. A., Bolandi, A. R., Hamidi, H., Foroghian, S., 2012. Effects of plant growth regulators and photoperiod on *in vitro* microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). African J of Biotechnology, 11 (53): 11585-11590.
- Gopal, J., Minocha, J. L., Dhaliwal, H. S., 1998. Microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Cell Reports, 17:794-798.
- Hoque, M. E., 2010. *In vitro* tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Omics Journal. 3 (1): 7-11.
- Hossain, M. J., 2005. *In vitro* microtuberisation of potato obtained from diverse sources. Plant Tissue Cult. & Biotech. 15 (2): 157-166.
- Hussain, I., Chaudhry, Z., Muhammed, A., Asghar, R., Naqvi, S. M. S., Rashid, H., 2006. Effect of chlorocholine chloride, sucrose and BAP on *in vitro* tuberization in potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Cardinal). Pak. J. Bot., 38 (2): 275-282.
- Islam, M. S., Chowdhury, A. R., Hossain, M. M., 1999. Microtuber production of six potato varieties as affected by temperature, sucrose and BAP. Annals of Bangladesh Agriculture, 9 (1): 91-97.
- Kamarainen-Karppinen, T., Virtanen, E., Rokka, V. M., Pirtilla, A. M., 2010. Novel bioreactor technology for mass propagation of potato microtubers. Plant Cell Tiss Organ Cult., 101: 245-249.
- Khuri, S., Moorby, J., 1995. Investigations into the role of sucrose in potato cv. Estima microtuber production *in vitro*. Annals of Botany 75: 295-303.
- Lentini, Z., Earle, E. D., 1991. *In vitro* tuberization of potato clones from different maturity groups. Plant Cell Reports, 9 (12): 691-695.
- Levy, D., Seabrook, J. E. A., Coleman, S., 1993. Enhancement of tuberization of axillary shoot buds of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars cultured *in vitro*. J of Experimental Botany, 44 (259): 381-386.
- Mahdi, E. F. M., Al-Saad, H. S., Elshibli, S. M. A. I., 2004. *In vitro* tuberization of potato cultivars as influenced by photoperiod, exogenous sucrose and cytokinin concentrations. J. King Saud Univ. Agric. Sci. 17 (1): 25-35.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- Nasiruddin, K. M., Blake, J., 1994. Production of potato microtubers with and without growth regulators. In: Physiology, Growth and Development of Plants in Culture (Eds. P. J. Lumsden, J. R. Nicholas and W. J. Davies), pp: 254-260.
- Ortiz-Montiel, G. and Lozoya-Saldana, H., 1987. Potato microtubers: technology validation in Mexico. Am Potato J., 64: 535-544.
- Piao, X. C., Chakrabarty, D., Hahn, E. J., Paek, K. Y., 2003. A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system. Current Science, 84 (8): 1129-1132.
- Pruski, K., Duplessis, P., Lewis, T., Astatkie, T., Nowak, J., Struik, P. C., 2001. Jasmonate effect on *in vitro* tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars under light and dark conditions. Potato Research, 44 (4): 315-325.
- Rafique, T., Jaskani, M. J., Raza, H., Abbas, M., 2004. *In vitro* studies on microtuber induction in potato. Int J. Agri. Biol., 6 (2): 375-377.
- Sarekanno, M., Kadaja, J., Kotkas, K., Rosenberg, V., Eremeev, V., 2012. Development of field-grown potato plants derived meristem plants multiplied with different methods. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 62: 114-124.
- Seabrook, J. E. A., Coleman, S., Levy, D., 1993. Effect of photoperiod on *in vitro* tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 34 (1): 43-51.
- Sharma, A. K., Venkatasalam, E. P., Singh, R. K., 2011. Micro-tuber production behavior of some commercially important potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. Indian J of Agricultural Sciences, 81 (11): 1008-1013.
- Slimmon, T., Machado, V. S., Coffin, R., 1989. The effect of light on *in vitro* microtuberization of potato cultivars. Am. Pot. J. 66:843-848.
- Srivastava, A. K., Diengdoh L. C., Rai, R., Bag, T. K., Singh, B. P., 2012. *In vitro* micropropagation and microtuberization potential of selected potato varieties. Indian J of Hill Farming, 25 (2): 14-17.
- Yasmin, A., Jalbani, A. A., Mangrio, G. S., Nasreen, A., 2011. Optimization of microtuberization in indigenous potato cv. Desiree. Pak. J. Biotechnol. 8 (2): 39-44.