

Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Yabancı Otların Mücadele Yöntemlerinin Bazı Bitkisel Özellikler ve Kalite Üzerine Etkileri*

Nuri YILMAZ¹, Olgun AYDIN¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Received Date: 26.05.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 15.06.2021)

*Yüksek Lisans tez çalışmasından alınmıştır.

Öz

Bu çalışma mısır bitkisinde, yabancı otların mücadele yöntemlerinin bazı bitkisel özelliklere ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Tarla denemesi 2019 yılında Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama arazisinde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Yabancı otların mücadele yöntemi olarak, çapalama, mısır fasulye karışık ekimi, çıkış öncesi 330 g/l pendimethalin uygulaması, çıkış öncesi %47.5 linuron uygulaması, çıkış sonrası 75 g/lt mesotrione + 30 g/lt nicosülfüron uygulaması, çıkış sonrası %40 nicosülfüron uygulaması, çıkış öncesi 330 g/lt pendimethalin ve çıkış sonrası 75 g/lt mesotrione +30 g/lt nicosülfüron uygulaması, çıkış öncesi %47.5 linuron ve çıkış sonrası %40 nicosülfüron uygulaması faktörleri ele alınmıştır. Çalışmada bitki boyu 143.67-252.33 cm koçan yüksekliği 53.33-98.67 cm ve yaprak alanı 153.18-476.27 cm² arasında değişmiş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli (p<0.01) fark olduğu belirlenmiştir. Yaprak sayısı 11.00-12.33 adet, hektolitreye ağırlığı 68.24-73.33 kg, yağ oranı % 2.94-5.25, ham protein oranı % 9.29-10.16 arasında değişmiş ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Ele alınan gözlemler arasında bitki boyu, koçan yüksekliği, bitki görünümü ve koçan görünümü bakımından mısır bitkisinde yabancı otlarla mücadele de çıkış sonrası herbisit kullanımının gerekli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Herbisit, Mısır, Kalite özellikleri, Bitkisel özellikler, Yabancı ot

The Effects Of Weed Control Methods On Herbal Characteristic And Quality For Maize Plant (*Zea mays* L.)

Abstract

The study with the aim to determine the effects of weed control methods on herbal characteristic and quality on the maize plant. Field experiment was conducted with randomized blocks design with 3 replications at Ordu University Agriculture Faculty application area in 2019. As a method of weed control, which weeding, mixed planting maize and bean, applying 330 g/l pendimethalin before rising, applying %47.5 linuron before rising, applying 75 g/lt mesotrione + 30 g/lt nicosülfüron after rising, applying % 40 nicosülfüron after rising, 330 g/lt before rising and applying 75 g/lt mesotrione + 30 g/lt nicosülfüron after rising, applying %47.5 linuron before rising and applying %40 nicosülfüron after rising, were considered. The study had variations between plant height

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: y_nuri@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0597-6884>
Olgun AYDIN: olgunaydin1980@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8519-972X>

143.67-252.33 cm, first cob height 53.33-98.67 cm and leaf area 153.18 – 476.27 cm² notable difference (p<0.01) was seen in between applications as statistical. Variations between leaf number 11.00-12.33 pieces, test weight? (hectoliter) weight 68.24-73.33 kg, raw oil rate % 2.94-5.25, raw protein rate % 9.29- 10.16, notable difference was not seen in between applications as statistical. Among the observed observations, it was determined that post-emergence herbicide use is necessary for weed control in corn plant in terms of plant height, cob height, plant appearance and cob appearance.

Keywords: Herbicide, Maize, Quality Characteristic, Weed, Herbal Characteristic

1. Giriş

Buğdaygiller (Gramineae) familyasının Maydeae oymağına giren mısır, tüm serin iklim ve sıcak iklim tahılları içinde dünyada en yüksek verimi gösteren, güneş enerjisini en iyi kullanabilen (C4 bitkisi) ve birim alandan en fazla kuru madde üretebilen bir bitkidir (Kırtok 1998). Kendisinden sonra ekilen bitkinin verimi, genellikle ekim nöbetine giren diğer tahıllara göre daha yüksektir. Ana ürün ve ikinci ürün olarak ülkemizde birçok yerde yetiştirilebilir (Vartanlı 2006).

Dünya üretilen mısırın %27'si insan beslenmesinde, %73'ü ise yem olarak hayvan beslenmesinde tüketilmektedir. Üçüncü dünya ülkelerinde bu oran %54'ü ise insan beslenmesi, %46'sı hayvan yemi olarak gelişmiş ülkelerde %10'u insan beslenmesinde ve endüstride, %90'ı ise hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Öz ve ark 2017). 2020 yılında dünyada 192 milyon hektar alanda 1.1 milyar tonluk (tane) mısır üretimi yapılmıştır. Dünya ortalama tane verimi 590 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de ise 640 bin hektar alanda Cumhuriyet tarihinin en yüksek miktarı olarak 6.5 milyon tonluk (tane) mısır üretimi yapıldığı, ortalama mısır tane veriminin 1.015 kg/da olarak dünya ortalamasının (590 kg/da) üstünde gerçekleştiği görülmektedir (Anonim 2020a).

Tarımda üretim konusu ürünün kalitesini yükseltmek ve toplam ürün miktarını artırmak için önemli olan makina kullanımı, gübre uygulamaları, enerji ve su kullanımı gibi temel girdilerin yanında, hastalık, zararlı ve yabancı ot gibi mücadelesi de çok önemli bir yer tutmaktadır (Çelik 2000).

Yabancı otlar mücadeleye gereken özen gösterilmediği durumda, kültür bitkisine ve yabancı ot türüne bağlı olmakla birlikte %20-100 arasında ürün kaybı meydana geleceği bildirilmektedir (Özer 1993).

Yabancı otlar mücadelesinde kritik periyodun ve yabancı otlar mücadelesinde stratejilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, mısır varyetelerine bakılmaksızın V2 yapraklı dönemden itibaren V10 yapraklı döneme kadar yabancı otlarla mücadele edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Tursun ve ark. 2015).

Mısır tarımında ürün kaybı, yabancı otların türü ve yoğunluğu, toprağın yapısı, toprak nemi ve organik madde düzeyleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Yabancı otlar mücadelesinde klasik mekanik yöntemlerle veya kimyasal yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Sıra üzerinde büyüyen yabancı otlarla el ile yolmak veya herbisit kullanmak suretiyle mücadele edilebilirken, sıra arasında yetişen yabancı otlar genellikle mekanik mücadele yöntemleriyle kontrol altına alınmaktadır. Gerek mekanik yöntemler gerekse herbisit uygulamaları yabancı ot kontrolünde etkili olmakla birlikte mekanik yöntemlerde yeteri kadar işgücüne ihtiyaç duyulduğundan üretim masraflarını arttırmaktadır (Doğan ve ark. 2004).

Tarım ürünlerinde yabancı otlar mücadelesi amacıyla modern tarım tekniklerinin yanında herbisitlerden istifade edilmesi maliyet etkinliği sağlamakla birlikte, bilinçsiz kullanıma bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunlarına neden olmaktadır. Ehil olmayan kişilerce yapılan bilinçsiz uygulamalar çevre kirliliğinin yanında ilaçlama maliyetleri de artırmaktadır (Thonke 1991).

Birim alandan daha az maliyetle daha fazla ve daha kaliteli ürün almak isteyen mısır üreticisi, mutlaka herbisit kullanmak zorunda olduğu bildirilmiştir (Hall ve ark. 1992).

Bu çalışma ile; mısır yetiştiriciliğinde önemli bir sorun olan yabancı otlarla mücadelede geleneksel yöntemler ile bazı herbisit uygulamalarının mısır bitkisinde bitkisel gelişim ve kalite özelliklerine etkisi ele alınmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde 2019 yılı yaz üretim döneminde yürütülmüştür.

Deneme yerinin mısır bitkisinin yetiştirme dönemine ait uzun yıllar ortalama sıcaklık 18.8 °C, toplam yağış miktarı 474.20 mm ve ortalama nispi nem %74.37 iken, bu değerler 2019 yılında sırasıyla 19.8 °C, 503.0 mm ve %77.92 olarak kaydedilmiştir (Ordu Meteoroloji Müdürlüğü, 2018).

Deneme alanından 0–30 cm derinlikte alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre, deneme arazisindeki toprağın killi bünyeye sahip, toprak reaksiyonu açısından nötr karakterli ve organik madde miktarı bakımından orta düzeydedir. Ayrıca az kireçli ve çok tuzlu olduğu belirlenmiştir.

2.1. Materyal

Denemede mısır materyali olarak, Ordu ve çevresinde yaygın olarak yetiştirilen FAO 700 olum grubundan 130 günlük RX 9292 tek melez atdışi mısır kullanılmıştır.

Fasulye materyali olarak ise orta erkenci SF 08/03 bodur fasulye tohumu kullanılmıştır.

Kullanılan Ot Öldürücüler (Herbisitler)

Denemede çıkış öncesi ve çıkış sonrası olarak uygulanan ot öldürücülere ait bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

2.2. Yöntem

Deneme alanında erken ilkbaharda 20-25 cm derinlikte toprak işleme yapılmıştır. Ekim öncesi tohum yatağını hazırlamak, gevşetmek ve inceltmek ayrıca önceki sezondan kalan bitki kalıntılarını ve yabancı otları yok etmek için 10 cm derinlikte tekrar işlenmiştir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak 22 Mayıs 2019 tarihinde kurulmuştur. Parseller 70 cm sıra arası 20 cm sıra üzeri 5 sıra ekim olacak şekilde 3.5 m genişlik ve 4 m uzunlukta planlanmış, parsel aralarında 1 m boşluk bırakılmıştır. 9 farklı uygulama için toplam 27 parsel oluşturulmuştur.

Karışık ekim yapılan parselde ise mısır sıra aralarına, 30 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde 4 sıra fasulye ekimi yapılmıştır. Fasulye ekimi bölgede yaygın olarak uygulanan ocaklama usulüne göre her ocağa 5 adet fasulye tohumu olacak şekilde uygulanmıştır (Çam ve Yılmaz 2008).

Çizelge 1. Herbisit Etiket Bilgileri

Etken Madde Ve Uygulama Dozu	Kimyasal Grubu	Etki Ettiği Yabancı Otlar
330 g/l Pendimethalin (500 ml/da)	K1 Kimyasal Grubunda Kök Gelişimi Engelleyici	Dar yapraklılar: Tilki kuyruğu (<i>Alopecurus myosuroides</i>) Çatal ot (<i>Digitaria sanguinalis</i>) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Darı (<i>Setaria spp.</i>) Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>) Çayır salkım otu (<i>Poa pratensis</i>) Geniş yapraklılar: Horoz ibiği (<i>Amaranthus spp.</i>) Kara pazı (<i>Atriplex spp.</i>) Çoban çantası (<i>Capsella bursa-pastoris</i>) Sirken-istir (<i>Chenopodium album</i>) Bambul otu (<i>Chrozophora tinctoria</i>) Sütleşen (<i>Euphorbia spp.</i>) Ballı baba (<i>Lamium purpureum</i>) Çoban değneği (<i>Polygonum spp.</i>) Semiz otu (<i>Portulaca oleracea</i>) Köpek üzümü (<i>Solanum nigrum</i>) Kuş otu (<i>Stellaria media</i>) Isırgan otu (<i>Urtica urens</i>) Papatya (<i>Matricaria spp.</i>) Gelincik (<i>Papever rhoeas</i>)
47.5 Linuron (250 gr/da)	C2 Kimyasal Grubunda Fotosentez Engelleyici	Çıkış Öncesi: Ballı baba (<i>Lamium amplexicaule</i>) Bambul otu (<i>Chrozophora europaeum</i>) Boya otu (<i>Chrozophora tinctoria</i>) Bülbülotu (<i>Sisymbrium officinale</i>) Çivit otu (<i>Isatis tinctoria</i>) Çoban çantası (<i>Capsella bursa-pastoris</i>) Fare kulağı (<i>Anagallis arvensis</i>) Hardal (<i>Sinapis arvensis</i>) Horozibiği (<i>Amaranthus albus</i>) Kaz ayağı (<i>Chenopodium album</i>) Köpek papatyası (<i>Anthemis arvensis</i>) Köpek üzümü (<i>Solanum nigrum</i>) Papatya (<i>Matricaria chasomilla</i>) Kumsal Çoban değneği (<i>Polygonum arenarium</i>) Serçe dili (<i>Stellaria media</i>) Sarmaşık çoban değneği (<i>Polygonum convolvulus</i>) Sütleşen (<i>Euphorbia spp.</i>) Yabani semizotu (<i>Portulaca oleracea</i>) Yabani turp (<i>Raphanus raphanistrum</i>) Yağhot (<i>Gysophylla pilosa</i>) Yavşanotu (<i>Veronica spp.</i>) Yer fesleğeni (<i>Mercurialis annua</i>)
75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosulfuron (250 ml/da)	F2 Kimyasal Grubunda Pigment Engelleyici, ve B Kimyasal Grubunda Asetolakto Sentetaz (ALS) Enzimi engelleyici	Semiz otu (<i>Portulaca oleracea</i>) Kırmızı köklü tilki kuyruğu (<i>Amaranthus retroflexus</i>) Zincir Pıtrağı (<i>Xanthium spinosum</i>) İmam pamuğu (<i>Abutilon theophrastii</i>) Yabani bamyası (<i>Hibiscus trionum</i>) Tarla sarmaşığı (<i>Convolvulus arvensis</i>) Topalak (<i>Cyperus rotundus</i>) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Benekli darıcan (<i>Echinochloa colonum</i>) Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>) Yapışkan ot (<i>Setaria verticillata</i>)
40 g/l Nicosulfuron (250 ml/da)	B Kimyasal Grubunda Asetolakto Sentetaz (ALS) Enzimi engelleyici	Çimensi Otlar: Kardeşlenme öncesi veya kardeşlenme içinde oldukları erken dönemde (2-8 yaprak) Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Benekli darıcan (<i>E. colonum</i>) Çatalotu (<i>Digitaria sanguinalis</i>) Kirpidarı (<i>Setaria viridis</i>) Geniş yapraklı yabancıotlar: Gelişimlerinin 2-6 yapraklı oldukları genç dönemde. Horoz ibiği (<i>Amaranthus retroflexus</i>) Köpek üzümü (<i>Chenopodium album</i>) Yabani Semizotu (<i>Portulaca oleracea</i>) Pıtrak (<i>Xanthium strumarium</i>)

Toprak analiz sonuçlarına göre tüm parsellere yarısı ekimle, diğer yarısı sapa kalkma döneminde, dekara 10 kg saf azot hesabı üzerinden Kalsiyum Amonyum Nitrat (%26 CAN), tamamı ekimle birlikte dekara 10 kg P₂O₅ hesabı üzerinden Triple Süper Fosfat (%42–43 TSP) gübreleri verilmiştir.

Tüm parsellerde, toprak nemi dikkate alınarak, bitkiler yaklaşık 20 cm (4-5 yapraklı dönem) boylandığı dönemde yağmurlama sulama sistemi ile ilk sulama, tepe püskülü gösterme, tozlanma ve tane dolum dönemlerinde ise düzenli sulama yapılmıştır.

Uygulamalar

1.Kontrol: Mısırın yetişme dönemi boyunca tüm parsellere eşit olarak uygulanan gübreleme ve sulama uygulamasından başka herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

2.Çapalama: 15 Haziran 2019 tarihinde ve 07 Temmuz 2019 tarihinde bitkiler 40-50 cm boy alıncaya kadar el çapası yapılmak suretiyle yabancı otlarla mücadele edilmiştir.

3.Mısır-Fasulye Karışık Ekimi: Mısır sıra aralarına 30 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde 4 sıra fasulye ekimi yapılmıştır.

4.Çıkış Öncesi (1) Ot Öldürücü 330 g/l Pendimethalin Uygulaması: Ekimden sonra 25 Mayıs 2019 tarihinde 330 g/l Pendimethalin etken maddesine sahip çıkış öncesi herbisit 500 ml/da olarak uygulanmıştır.

5.Çıkış Öncesi (2) Ot Öldürücü %47.5 Linuron Uygulaması: Ekimden sonra 25 Mayıs 2019 tarihinde %47.5 Linuron etken maddesine sahip çıkış öncesi herbisit 250 g/da olarak uygulanmıştır.

6.Çıkış Sonrası (1) Ot Öldürücü 75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron Uygulaması: Çıkıştan sonra 09 Haziran 2019 tarihinde mısırın 4-5 yapraklı devresinde, 75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron etken maddesine sahip herbisit uygulanmıştır.

7.Çıkış Sonrası (2) Ot Öldürücü %40 Nicosülfüron Uygulaması: Çıkıştan sonra 09 Haziran 2019 tarihinde mısırın 4-5 yapraklı devresinde %40 Nicosülfüron etken maddesine sahip herbisit 200 ml/da olarak uygulanmıştır.

8.Çıkış Öncesi 330 g/l Pendimethalin ve Çıkış Sonrası 75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron Ot Öldürücü (1) Uygulaması: 25 Mayıs 2019 tarihinde 330 g/l Pendimethalin etken maddesine sahip çıkış öncesi herbisit, 09 Haziran 2019 tarihinde mısırın 4-5 yapraklı devresinde, 75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron etken maddesine sahip çıkış sonrası herbisit 200 ml/da olarak uygulanmıştır.

9.Çıkış Öncesi %47.5 Linuron ve Çıkış Sonrası %40 Nicosülfüron Ot Öldürücü (2) Uygulaması: 25 Mayıs 2019 tarihinde %47.5 Linuron etken maddesine sahip çıkış öncesi herbisit, 09 Haziran 2019 tarihinde mısırın 4-5 yapraklı devresinde, %40 Nicosülfüron etken maddesine sahip çıkış sonrası herbisit 125 ml/da olarak uygulanmıştır.

Bitkilerin fizyolojik olgunluğa eriştiği 28 Eylül 2019 tarihinde parsel başlarından 50 cm ve parsel kenarlarından birer sıra kenar tesiri atıldıktan sonra kalan bitkilerin tamamı üzerinden rastgele seçimler yapılarak gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

Araştırmada gözlem ve ölçümler her parselden rastgele seçilen 10 adet bitki ve koçan üzerinden yapılmıştır. Araştırmada; bitki boyu (cm), ilk koçan yüksekliği (cm), bitki görünümü, koçan görünümü, bitkide yaprak sayısı (adet), yaprak alanı (cm²), hektolitreye ağırlığı (kg), yağ oranı (%) ve protein oranı (%) gibi özellikler incelenmiştir.

Yağ oranı ve protein oranı “Yakın Kızılötesi Yansıtma” (NIRS) cihazında IC-1020WE mısır kalibrasyon seti kullanılarak, öğütülmemiş numunelerde belirlenmiştir.

Gözlemler Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanmış, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatına göre belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen veriler SAS-JMP-5.01 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemlilik gösteren ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar incelenen özelliklere göre ayrı başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

3.1. Bitki Boyu

Denemede ele alınan mısır bitkisinde yabancı otlarla mücadele uygulamalarına ait bitki boyu ortalamaları ve istatistiksel gruplar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi bitki boyu bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 2. Mısır Bitki Boyu ve Koçan Yüksekliğine Ait Ortalamaları (cm)

Uygulamalar	Bitki Boyu	Koçan Yüksekliği
Kontrol	169.33 de	67.33 bc
Çapalama	191.67 cd	71.33 bc
Mısır-Fasulye Karışık Ekim	143.67 e	53.33 c
Ç.Ö.1 (330 g/l Pendimethalin)	183.00 cd	76.00 abc
Ç.Ö.2 (%47.5 Linuron)	209.33 bc	70.67 bc
Ç.S.1 (75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron)	252.33 a	98.33 a
Ç.S.2 (%40 Nicosülfüron)	239.67 a	98.67 a
Ç.Ö+Ç.S.1 (330 g/l Pendimethalin)+(75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron)	250.00 a	98.33 a
Ç.Ö+Ç.S.2 (%47.5 Linuron)+(%40 Nicosülfüron)	237.67 a	92.00 ab
Ortalama	208.51	80.66

En yüksek bitki boyu 252.33 cm ile çıkış sonrası ot öldürücü 75 g/l mesotrione + 30 g/l nicosülfüron uygulamasından elde edilmiştir. Bununla birlikte çıkış sonrası herbisit uygulamaları aynı grupta yer almış ve aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüştür. En küçük bitki boyu ise 143.67 cm ile karışık ekim uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2).

Konuyla ilgili Urfa (Öktem ve ark. (2004) ve Samsun ekolojik koşullarında (Gökgöz, 2010) yürütülen çalışmalarda en uzun bitki boyunu, çapalama ve herbisit uygulamalarından elde edildiği bildirilmiştir. Bulgularımız ile bu sonuç arasında kısmen benzerlik olduğu görülmektedir. Keza bizim sonuçlarımızda çapalamadan yüksek bitki boyu elde edilememiştir. Bunun denemelerdeki uygulama farklılığından ve ekolojik çevre farklılığından kaynaklandığı sanılmaktadır. Öte yandan Pannacci ve Covarelli (2009), Güngör (2005) ve Klein ve ark. (1994) mısır bitkisinde çıkış sonrası herbisitlerin etkinliğinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bulgularımız ilgili araştırmacıların sonuçları ile uyum halinde olduğu görülmektedir.

3.2. Koçan Yüksekliği

Deneme faktörlerine ilişkin koçan yüksekliği ortalamaları ve istatistiksel gruplar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otlar mücadelesinin koçan yüksekliğine etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

Deneme faktörlerine ait koçan yüksekliği 53.33 cm ile 98.67 cm arasında değişim göstermiş ve ortalama 80.66 cm olarak tespit edilmiştir. En yüksek koçan yüksekliği Ç.S.2 (%40 Nicosülfüron) uygulamasından elde edilmiştir. Ancak Ç.S.1 (75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron) ve Ç.Ö+Ç.S.1 (330 g/lt Pendimethalin)+(75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron) uygulamaları ile aynı grubu oluşturmuşlardır. En düşük koçan yüksekliği ise karışık ekim uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2).

İlk koçan yüksekliğini Gökgez (2010), çapalama ve herbisit uygulamasından elde etmiştir. Bulgularımız herbisit uygulaması konusunda benzerlik göstermiştir.

3.3. Bitki Görünümü

Bitki formu homojen bir şekilde zayıf ya da kuvvetli görünüm oluşturmaya göre, 1-5 skalası ile değerlendirilmiştir. Bitkilerin görünümü kuvvetli ve sağlıklı bir yapı oluşturmuş ise 1, zayıf, cılız ve deformasyonlu bir görünüm varsa 5’e kadar değer verilmiştir. Bitki görünümüne ait değerler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Bitki ve koçan Görünümü Gözlemleri

Uygulama	Bitki Görünümü	Koçan Görünümü
Kontrol	5	5
Çapalama	4	4
Mısır-Fasulye Karışık Ekim	5	5
Ç.Ö.1 (330 g/lt Pendimethalin)	4	3
Ç.Ö.2 (%47.5 Linuron)	3	3
Ç.S.1 (75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron)	1	1
Ç.S.2 (%40 Nicosülfüron)	2	2
Ç.Ö+Ç.S.1 (330 g/lt Pendimethalin)+ (75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron)	2	1
Ç.Ö+Ç.S.2 (%47.5 Linuron)+(%40 Nicosülfüron)	3	1

Çizelge 3 incelendiğinde; çıkış sonrası 75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron uygulamasındaki bitkilerin diğerlerine oranla daha kuvvetli ve sağlıklı bir yapı oluşturduğu, kontrol ve mısır-fasulye karışık ekim parsellerindeki bitkilerin ise daha zayıf, cılız ve deformasyonlu oldukları dikkati çekmektedir.

3.4. Koçan Görünümü

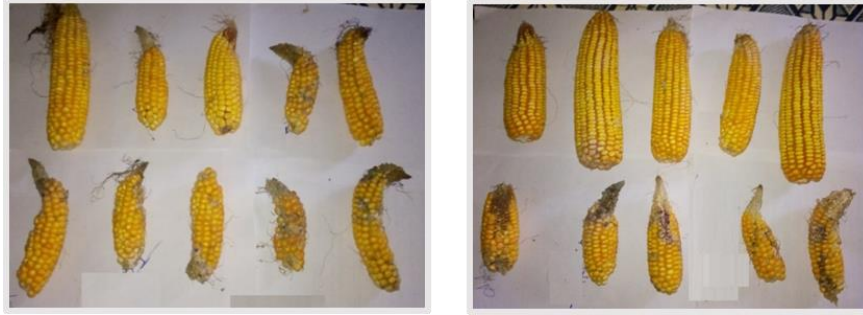
Koçan yapısına bakılarak kuvvetli, düzgün ve homojen bir yapı oluşturan koçana 1, bozuk ve deformasyonlu bir yapı gösteren koçanlara 5’e kadar değer verilmiştir. Koçan görünümüne ait değerler Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde; çıkış sonrası 75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron uygulaması, çıkış öncesi 330 g/lt Pendimethalin’e ilave olarak çıkış sonrası 75 g/lt Mesotrione + 30 g/lt Nicosülfüron uygulamasından ve çıkış öncesi %47.5 Linuron’a ilave olarak çıkış sonrası %40 Nicosülfüron uygulamalarından alınan koçanların diğer uygulamalara göre daha kuvvetli, düzgün ve homojen bir görünüme sahip oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 1. Çıkış Öncesi + Çıkış Sonrası 1 ve Parselleri Bazı Koçan Görünümleri



Şekil 2. Çıkış Sonrası 1 ve 2 Parselleri Bazı Koçan Görünümleri



Şekil 3. Çıkış Öncesi 1 ve 2 Parselleri Bazı Koçan Görünümleri



Şekil 4. Kontrol ve Karışık Ekim Parselleri Bazı Koçan Görünümleri



Şekil 5. Çapa Parselleri Bazı Koçan Görünümleri

3.5. Yaprak Sayısı

Deneme faktörlerine ilişkin bitkide yaprak sayısı ortalamaları Çizelge 4’ de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otla mücadele uygulamalarının yaprak sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Gökgöz (2010), Samsun ekolojik koşullarında yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar olarak yabancı otlarla mücadele yöntemlerinin bitkide yaprak sayısına etkisinin olmadığını belirtmiştir. Deneme yabancı otlarla mücadele yöntemlerine ait bitkide yaprak sayıları 11.00-12.33 adet arasında tespit edilmiş ve ortalama olarak 11.77 adet gerçekleşmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Mısırdaki Yaprak Sayısı (adet) ve Yaprak Alanına (cm²) İlişkin Ortalamalar

Uygulama	Yaprak Sayısı	Yaprak Alanı
Kontrol	11.00	167.44 d
Çapalama	12.00	221.32 cd
Mısır-Fasulye Karışık Ekim	11.00	153.18 d
Ç.Ö.1 (330 g/l Pendimethalin)	12.00	223.70 cd
Ç.Ö.2 (%47.5 Linuron)	11.33	359.90 b
Ç.S.1 (75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron)	12.33	292.02 bc
Ç.S.2 (%40 Nicosülfüron)	12.33	248.32 bcd
Ç.Ö+Ç.S.1 (330 g/l Pendimethalin)+ (75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron))	12.33	333.07 bc
Ç.Ö+Ç.S.2 (%47.5 Linuron)+(%40 Nicosülfüron)	11.67	476.27 a
Ortalama	11.77	275.02

3.6. Yaprak Alanı

Denemeden elde edilen yaprak alanına ilişkin ortalamalar ve istatistiksel gruplar Çizelge 4’ de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otla mücadele uygulamalarının yaprak alanına etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur.

Denemeden elde edilen yaprak alanı ortalamaları 153.18 cm² ile 476.27 cm² arasında değişim göstermiş ve ortalama 275.02 cm² olarak ölçülmüştür. En yüksek yaprak alanı çıkış öncesi %47.5 linuron ve çıkış sonrası %40 nicosülfüron ot öldürücü uygulamasında, en düşük yaprak alanının ise karışık ekim uygulamasında gerçekleşmiştir. Mısır bitkisinde yaprak alanı hem fotosentez oranını etkilemesi hem de hayvan beslemede önemli bir yere sahiptir.

3.7. Hektolitre Ağırlığı

Deneme faktörlerine ait hektolitre ağırlığı değerleri Çizelge 5’ de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otla mücadele uygulamalarının hektolitre ağırlıkları 59.63 kg ile 73.33 kg arasında tespit edilmiş ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark

bulunmamıştır. Konuyla ilgili olarak Gökgöz (2010) yaptığı çalışmada bulgularımızdan farklı olarak çapala ve herbisit uygulamalarının hektolitre ağırlığını artırdığını belirtmiştir. Araştırmalar arasındaki uyumsuzluğun çevre faktörleri ve uygulanan farklı agronomik yöntemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5. Mısırdaki Hektolitre Ağırlığı (kg), Tanede Yağ Oranı (%) ve Protein Oranına (%) İlişkin Ortalamalar

Uygulama	Hektolite A.	Yağ Oranı	Protein Oranı
Kontrol	66.00	5.25	9.84
Çapalama	73.33	4.07	8.94
Mısır-Fasulye Karışık Ekim	73.27	2.94	9.72
Ç.Ö.1 (330 g/l Pendimethalin)	59.63	3.32	8.35
Ç.Ö.2 (%47.5 Linuron)	60.67	3.28	9.04
Ç.S.1 (75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron)	66.77	3.36	9.11
Ç.S.2 (%40 Nicosülfüron)	72.47	3.81	8.77
Ç.Ö+Ç.S.1 (330 g/l Pendimethalin)+(75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron))	71.53	4.72	9.70
Ç.Ö+Ç.S.2 (%47.5 Linuron)+(40 Nicosülfüron)	70.47	4.59	10.16
Ortalama	68.24	3.93	9.29

3.8. Yağ Oranı

Denemede ele alınan yabancı otlarla mücadele yöntemlerinin mısır tanesinin yağ oranına etkisine ilişkin değerler Çizelge 5’ de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otlar mücadelesine ilişkin uygulamalarına ilişkin tanede yağ oranları % 2.94-5.25 arasında tespit edilmiş ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre mısır bitkisinde yabancı otlarla mücadele yöntemlerinin mısır tanesinde yağ oranına herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

3.9. Protein Oranı

Deneme faktörlerinin mısır tanesinin protein oranına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 5’ de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi yabancı otlar mücadelesine ilişkin uygulamalarına ilişkin tanede protein oranları %8.35-%10.16 arasında tespit edilmiş ve uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre mısır bitkisinde yabancı otlarla mücadele yöntemlerinin mısır tanesinde protein oranını etkilemediği görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Mısır bitkisinde, yabancı otlar mücadelesine ilişkin yöntemlerinin bazı bitkisel özelliklere ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada bitki boyu 143.67-252.33 cm, ilk koçan yüksekliği 53.33-98.67 cm ve yaprak alanı 153.18-476.27 cm² arasında gerçekleşmiş olup, uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli fark olduğu belirlenmiştir. Yaprak Sayısı 11.00-12.33 adet, hektolitre ağırlığı 68.24-73.33 kg, yağ oranı %2.94-5.25, ve protein oranı %9.29-10.16 arasında gerçekleşmiş olup uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Ele alınan gözlemler arasında bitki boyu, koçan yüksekliği, bitki görünümü ve koçan görünümü bakımından mısır bitkisinde yabancı otlarla mücadele de çıkış sonrası herbisit kullanımının gerekli olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte çıkış sonrası olmak koşulu ile kullanılan herbisitler arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Yaprak sayısı, hektolitre ağırlığı, yağ oranı ve protein oranına ise mücadele yöntemlerinin herhangi bir etkisi

olmamıştır. Öte yandan Ç.Ö+Ç.S.2 (%47.5 Linuron)+(40 Nicosülfüron) uygulamasının yaprak alanını artırdığı görülmüştür. Çıkış sonrası 75 g/l Mesotrione + 30 g/l Nicosülfüron uygulamasındaki bitkilerin diğerlerine oranla daha kuvvetli ve sağlıklı bir yapı oluşturduğu, kontrol ve mısır-fasulye karışık ekim parsellerindeki bitkilerin ise daha zayıf, cılız ve deformasyonlu oldukları dikkati çekmektedir. Ayrıca çıkış sonrası herbisit uygulamalarından alınan koçanların diğer uygulamalara göre daha kuvvetli, düzgün ve homojen bir görünüme sahip oldukları görülmüştür.

Sonuç olarak mısırdaki verim kaybını önlemenin yanında sonraki sezonda yetiştirilecek ürüne temiz tarla bırakmak açısından yabancı ot mücadelesi mutlaka yapılmalıdır. Tüm diğer uygulamalar gibi yabancı ot mücadelesinde de amaç, en az maliyetle en çok ve en kaliteli ürünü almaktır. Yabancı otla mücadelede herbisit uygulamalarının etkinliği bilinen bir gerçek olmakla birlikte, esas olan çevreye ve ekosistem içerisindeki diğer canlılara zarar vermeyecek ürünlerin ve tekniklerin kullanılmasıdır. Bu nedenle yasal olarak ruhsatlandırılmış ve yetkin ziraat mühendisleri tarafından önerilen ürünlerin, ürün talimatlarına uygun şekilde ve uygun dozlarda kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

1. Anonim (2020). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Retrieved Kasım 18, 2020, from Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü Web Sitesi: <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/M%C4%B0LL%C4%B0%20TARIM/MISIR%20KASIM%20B%C3%9CLTEN%C4%B0.pdf>
2. Çam E & Yılmaz G (2008). Ordu – Gürgentepe Koşullarında Patates-Mısır-Fasulye Karışık Yetiştirme Sistemleri Üzerinde Bir Araştırma. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 01-09. Retrieved from <http://ijans.org/index.php/ijans/article/view/11/11>
3. Çelik N (2000). T.C. Cumhurbaşkanlığı. Retrieved Kasım 18, 2020, from Strateji ve Bütçe Başkanlığı Web Sitesi: <https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/NebiCelik.pdf>
4. Doğan M N, Boz Ö, Ünay A, & Albay F (2004). Aydın ili mısır ekim alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi ve yabancı otlarla mücadelede en uygun dönemin (Kritik periyot) saptanması. Bilimsel Araştırma Projeleri Kurulu, ZRF-02009, 1.1.2002 -1.1.2004.
5. Gökgöz Ş (2010). Samsun Kosullarında Atıdışı Mısırdaki (*Zea Mays Indentata* Sturt.) Yabancı Ot Kontrol Yöntemlerinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. T.C. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
6. Güngör M (2005). Adana İli Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Otlara Karşı Uygulanan Kimyasal Mücadelenin Önemi Ve Ortaya Çıkan Sorunların Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
7. Hall M R, Swanton C J, & Glenn W A (1992). The critical period of weed control in grain. In *Weed Science* (pp. 40: 441-447).
8. Klein R N, Wicks-Alex G A, Martin R, Moomaw S, Roeth F W, Wilson R G & Jasa P J (1994). Ridge Plant Systems: Weed Control. Advantages and disadvantages of the ridge plant system, weed control before and at planting and economics of the system are discussed. University of Nebraska.
9. Öktem A, Ülger A, & Coşkun Y (2003). Harran Ovası Koşullarında Bazı Yabancı Ot Kontrol Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde (*Zea Mays* L.) Tane Verimi Ve Verim Unsurlarına Etkisi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1), 51-57. Retrieved from <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TmpBME5BPT0>
10. Öz A, Kapar H, & Dok M (2017). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Retrieved Kasım 18, 2020, from Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Web Sitesi:

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/M%C4%B1s%C4%B1r%20Tar%C4%B1m%C4%B1.pdf>

11. Özer Z (1993). Niçin Yabancı Ot Bilimi (Herboloji). Türkiye 57. Herboloji Kongresi Bildirileri (3-5 Şubat 1993), (pp. 1-7). Adana.
12. Pannacci E, & Covarelli G (2009). Efficacy of Mesotrione Used at Reduced Doses For Post-Emergence Weed Control In Maize (*Zea mays L.*). 28, 57-61.
13. Thonke K E (1991). Political and practical approaches in Scandinavia to reduce herbicide inputs. Brighton Crop Protection Conference, (pp. 1183 – 1190.). Brighton.
14. Tursun N, Sakınmaz M S, & Kantarcı Z (2015). Mısır Varyetelerinde Yabancı Ot Kontrolü için Kritik Periyotların Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi Araştırma Makalesi (Research Article) 2016, 25 (Özel sayı-1):58-63.
15. Vartanlı S (2006). Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 70s.

Analysis of wave solutions of (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation

Tolga AKTÜRK^{1*} Çağlar KUBAL²

¹Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Ordu University, Ordu, Turkey

²Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu University, Ordu, Turkey

(Geliş Tarihi/Received Date: 26.04.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 02.06.2021)

Abstract

In this article, the wave solutions of the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation, which is investigated as a mathematical model, are get by using the modified exponential function method (MEFM). When the solution functions found are analyzed, it is determined that hyperbolic and trigonometric functions, which are periodic functions, are also obtained in their rational functions. Two-dimensional, three-dimensional, contour and density graphs representing the wave solutions of the mathematical model found were plotted by determining appropriate parameters.

Keywords: the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation; the modified exponential function method; the wave solutions

(2+1)-boyutlu Nizhnik-Novikov-Veselov denkleminin dalga çözümlerinin analizi

Öz

Bu makalede matematiksel model olarak incelenen (2+1)-boyutlu Nizhnik-Novikov-Veselov denkleminin dalga çözümleri modifiye edilmiş üstel fonksiyon metodu (MEFM) kullanılarak elde edilmiştir. Bulunan çözüm fonksiyonları incelendiğinde periyodik fonksiyonlar olan hiperbolik ve trigonometrik fonksiyonların ayrıca rasyonel fonksiyonların da elde edildiği belirlenmiştir. Bulunan matematiksel modelin dalga çözümlerini temsil eden iki boyutlu, üç boyutlu, kontur ve yoğunluk grafikleri uygun parametreler belirlenerek çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: (2+1)-boyutlu Nizhnik-Novikov-Veselov denklemi; modifiye edilmiş üstel fonksiyon metodu; dalga çözümleri

1. Introduction

Throughout the centuries, humanity has witnessed many events that concern different branches of science encountered in nature. With the creation of mathematical models representing them and obtaining their solutions, the opportunity to comment on the behavior of these events has emerged. However, nonlinear partial differential equations, which are mathematical models, are used to understand events in many fields such as physics,

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: tolgaakturkk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8873-0424>;
Çağlar KUBAL: <https://orcid.org/0000-0003-2958-7514>

chemistry, biology, engineering, and health. By obtaining solutions of these equations depending on different parameters, it is possible to comment on the behavior of these events. A mathematical model is needed to observe the spread rate of the Covid-19 epidemic, which affects the whole world, depending on which social interaction parameters, and to comment on the course of the epidemic. Thus, comments can be made about the effect of the mutations that may arise from the spreading rate due to social interaction on the epidemic. There are various studies related to this that have been brought to the literature recently. There are various methods in the literature to find solutions for nonlinear partial differential equations: The trial equation method (Du 2010), the new function methods (Bulut et al 2015), the extended trial equation method (Gurefe et al 2013), Kudryashov method (Nuruddeen et al 2018), the sine-Gordon expansion method (Chen & Yan 2005), the sub-equation method (Yokus et al 2021), the generalized Bernoulli sub-equation function method (Baskonus & Bulut 2015), Hirota bilinear method (Wazwaz 2007), two variables (G'/G, 1/G) expansion method (Duran 2020), the exponential function method (Bulut 2017; Duran et al 2017; He & Wu 2006), the generalized exponential rational function method (Duran 2021), the finite difference method (Erdogan et al 2020), the variational iteration method (Sakar et al 2020), direct algebraic method (Duran 2020), and so on. In the solution of the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation that we discussed in this study, using the modified exponential function method, graphs of the wave solutions of this mathematical model are included. The many scientist's studies on the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation via various methods can be seen at (Peng 2005; Ren & Zhang 2006; Wazwaz 2010; Xu & Deng 2016).

(2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation is as follows (Manukure et al 2019).

$$u_t + au_{xxx} + bu_{yyy} + du_x + eu_y = 3a(uv)_x + 3b(uw)_y, \quad (1)$$

$$u_x = v_y, \quad u_y = w_x.$$

In the second part of the study, information about the modified exponential function method is given.

In the third part, two-dimensional, three-dimensional, contour, and density graphs representing wave solutions were drawn by determining the appropriate parameters by applying the modified exponential function method developed to (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation.

In the last part, comment of the solutions obtained for the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation is included.

2. Analysis of the Method

In this section, information about the process of the modified exponential function method will be given. Let us assume that the general form of the nonlinear partial differential equation analyzed in the study is as follows:

$$P(u, u_x, u_y, u_t, (uv)_x, (uw)_y, u_{xxx}, u_{yyy}) = 0, \quad (2)$$

where $u = u(x, y, t)$ is an unknown function and its partial derivatives with respect to x and t .

Step 1. Let's assume that the traveling wave transformation is as follows,

$$u(x, y, t) = u(\xi), \quad \xi = k \cdot (x + y - ct), \quad (3)$$

k, c are constants not equal to zero and which will be determined later.

If the partial derivative terms from Eq. (3) are used in Eq. (2), Eq. (3) is converted into a nonlinear ordinary differential equation:

$$N(u, u^2, u'', \dots) = 0, \quad (4)$$

where N is a polynomial dependent on the function u .

Step 2. The solution function we assume is as follows:

$$u(\xi) = \frac{\sum_{i=0}^n A_i \cdot [e^{-\vartheta(\xi)}]^i}{\sum_{j=0}^m B_j \cdot [e^{-\vartheta(\xi)}]^j} = \frac{A_0 + A_1 \cdot e^{-\vartheta(\xi)} + \dots + A_n \cdot e^{-n\vartheta(\xi)}}{B_0 + B_1 \cdot e^{-\vartheta(\xi)} + \dots + B_m \cdot e^{-m\vartheta(\xi)}}, \quad (5)$$

$A_i, B_j, (0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq m)$ constants are then determined and the term $\vartheta = \vartheta(\eta)$

provides the following ordinary differential equation:

$$\vartheta'(\eta) = e^{-\vartheta(\eta)} + \mu e^{\vartheta(\eta)} + \lambda. \quad (6)$$

If Eq. (6) is solved, we get the following solution families (Naher & Abdullah 2013):

Family 1: When $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$

$$\vartheta(\eta) = \ln \left(\frac{-\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2\mu} \tanh \left(\frac{\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2} (\eta + EE) \right) - \frac{\lambda}{2\mu} \right). \quad (7)$$

Family 2: If $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu < 0,$

$$\vartheta(\eta) = \ln \left(\frac{\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}}{2\mu} \tan \left(\frac{\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2} (\eta + EE) \right) - \frac{\lambda}{2\mu} \right). \quad (8)$$

Family 3: When $\mu = 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$

$$\vartheta(\eta) = -\ln \left(\frac{\lambda}{e^{\lambda(\eta + EE)} - 1} \right). \quad (9)$$

Family 4: $\mu \neq 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$\vartheta(\eta) = \ln \left(-\frac{2\lambda(\eta + EE) + 4}{\lambda^2(\eta + EE)} \right). \quad (10)$$

Family 5: If $\mu = 0$, $\lambda = 0$, $\lambda^2 - 4\mu = 0$,

$$\vartheta(\eta) = \ln(\eta + EE). \quad (11)$$

The constants $A_0, A_1, \dots, A_n, B_0, B_1, \dots, B_m, EE, \lambda, \mu$ can be determined later. In Eq. (5), the relationship between n and m can be found using the balance principle between the highest order derivative term of u and the highest nonlinear term.

Step 3. In the statement of Eq. (5), polynomials of $\vartheta(\eta)$ are obtained by using the solution families in Equation (6). The algebraic equation system consisting of $A_0, A_1, \dots, A_n, B_0, B_1, \dots, B_m, EE, \lambda, \mu$ is obtained. Then, the traveling wave solutions of Eq. (2) are get by determining the coefficients obtained from Eq. (5).

3. Application

The nonlinear partial differential Eq. (1) analyzed in this study is reduced to the following nonlinear ordinary differential equation model by applying the wave transformation (3).

$$(d + e - c).u + k^2(a + b).u'' - (3a + 3b).u^2 + R = 0. \quad (12)$$

Where R is integral constant. The following equation is obtained by balancing the highest order nonlinear term in Eq. (12) with the term containing the highest order derivative.

$$n = m + 2.$$

If $m = 1$ in the above equation, then $n = 3$ is obtained. In this case, Eq. (5) is as follows,

$$u(\xi) = \frac{A_0 + A_1.e^{-\vartheta(\xi)} + A_2.e^{-2\vartheta(\xi)} + A_3.e^{-3\vartheta(\xi)}}{B_0 + B_1.e^{-\vartheta(\xi)}}. \quad (13)$$

When the derivative concepts in Eq. (12) are obtained and replaced in Eq. (13), an algebraic equation system consisting of coefficients is found. When this system was solved, the following cases were obtained by selecting the coefficients suitable for the method.

CASE 1:

$$A_0 = \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R + (a+b)k^4(\lambda^2 - 4\mu)^2}}{\sqrt{a+b}} + k^2(\lambda^2 + 8\mu) \right) B_0,$$

$$A_1 = 2k^2\lambda B_0 + \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R + (a+b)k^4(\lambda^2 - 4\mu)^2}}{\sqrt{a+b}} + k^2(\lambda^2 + 8\mu) \right) B_1,$$

$$A_2 = 2k^2(B_0 + \lambda B_1),$$

$$A_3 = 2k^2B_1,$$

$$c = d + e - \sqrt{a + b}\sqrt{-12R + (a + b)k^4(\lambda^2 - 4\mu)^2}.$$

Using the coefficients determined according to the method, the following exact traveling wave solutions have been found.

Family 1: If, $\mu \neq 0$, $\lambda^2 - 4\mu > 0$,

$$u_{1,1}(x, y, t) = \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R+(a+b)k^4(\lambda^2-4\mu)^2}}{\sqrt{a+b}} + k^2 \left(\lambda^2 - \frac{24\lambda\mu}{\varphi} \right) + 8\mu \left(1 + \frac{6\mu}{\varphi^2} \right) \right). \quad (14)$$

$$\left(\omega = \left[\frac{1}{2}(EE + x + y - ct)\sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \right], \varphi = \lambda + \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \operatorname{Tanh}[\omega] \right).$$

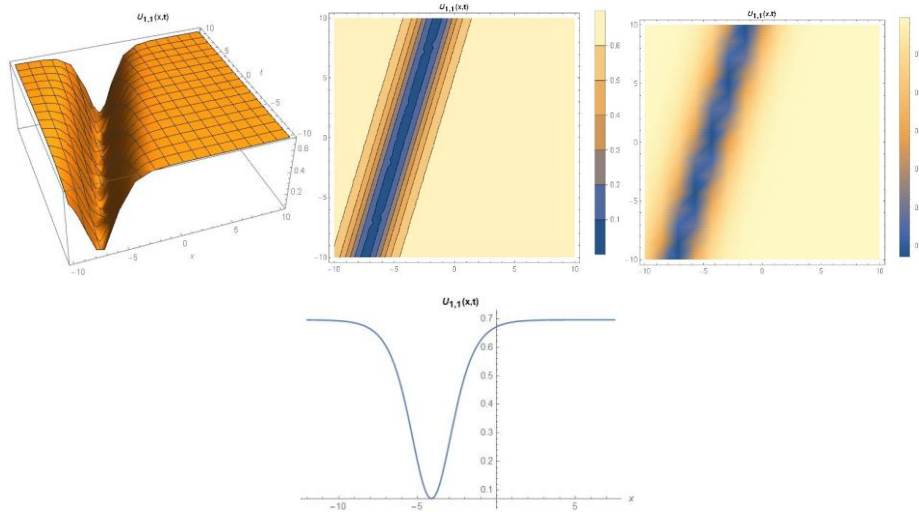


Figure 1. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(14) in $k = 0.5$, $a = 1.2$, $b = 0.1$, $d = 2.5$, $R = -0.75637$, $e = 1.6$, $\lambda = 3$, $\mu = 1$, $c = 0.3$, $y = 1$, $EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 2: When, $\mu \neq 0$, $\lambda^2 - 4\mu < 0$,

$$u_{1,2}(x, y, t) = \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R+(a+b)k^4(\lambda^2-4\mu)^2}}{\sqrt{a+b}} + k^2 \left(\lambda^2 - \frac{24\lambda\mu}{\tau} + 8\mu \left(1 + \frac{6\mu}{\tau^2} \right) \right) \right). \quad (15)$$

$$\left(\sigma = \left[\frac{1}{2}(EE + x + y - ct)\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \right], \tau = \lambda - \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \operatorname{Tan}[\sigma] \right).$$

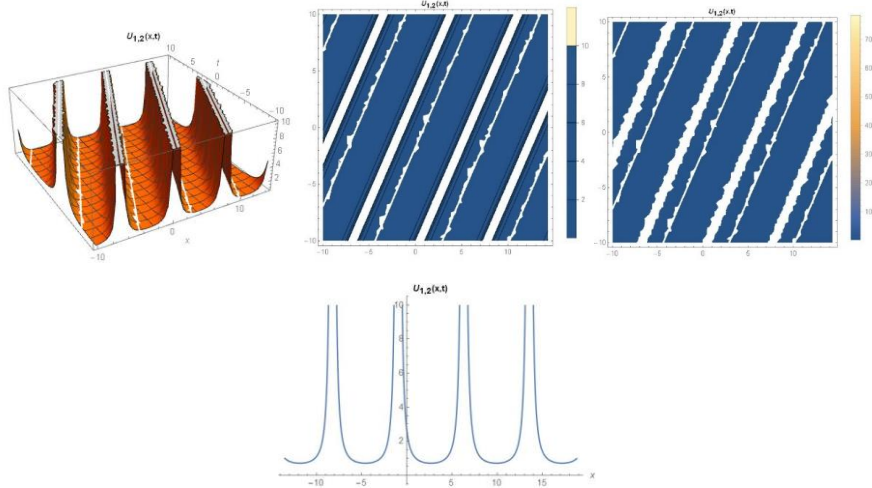


Figure 2. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(15) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.75637, e = 1.6, \lambda = 1, \mu = 1, c = 0.529286, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 3: $\mu = 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$

$$u_{1,3}(x, y, t) = \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R+(a+b)k^4\lambda^4}}{\sqrt{a+b}} + k^2\lambda^2 \left(1 + 3Csch \left[\frac{1}{2}(EE + x + y - ct)\lambda \right]^2 \right) \right). \quad (16)$$

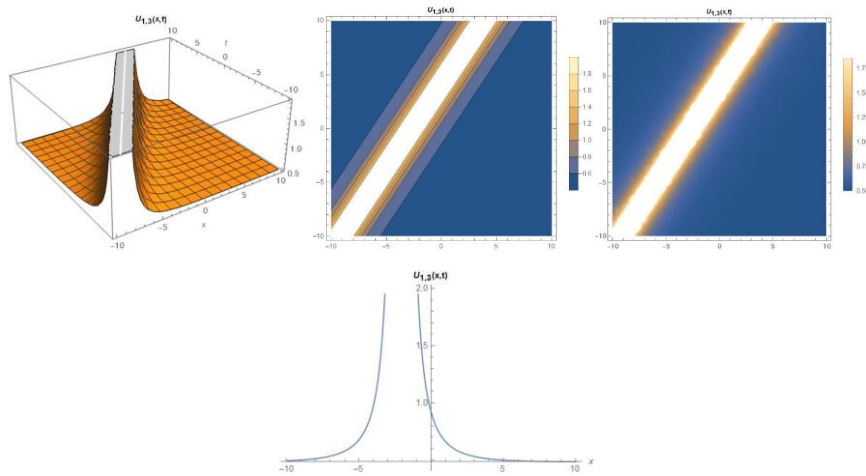


Figure 3. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(16) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.75637, e = 1.6, \lambda = 1, \mu = 0, c = 0.649638, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 4: If $\mu \neq 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$u_{1,4}(x, y, t) = \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{-12R+(a+b)k^4(\lambda^2-4\mu)^2}}{\sqrt{a+b}} + k^2 \left(\lambda^2 \left(-2 + \frac{12}{(2+(EE+x+y-ct)\lambda)^2} \right) + 8\mu \right) \right). \quad (17)$$

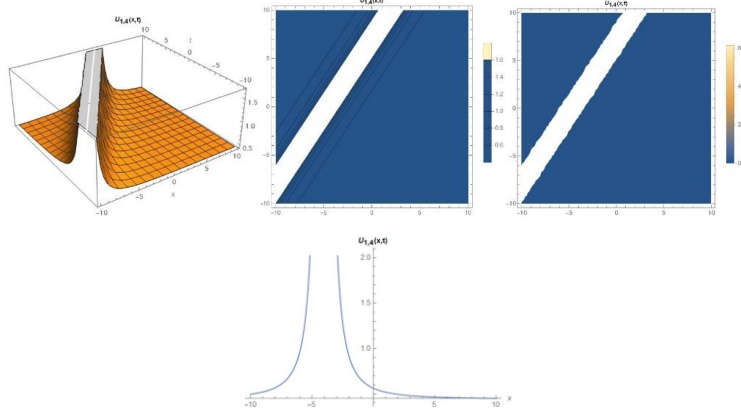


Figure 4. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(17) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.75637, e = 1.6, \lambda = 2, \mu = 1, c = 0.664979, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 5: $\mu = 0, \lambda = 0, \lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$u_{1,5}(x, y, t) = \left(\frac{\sqrt{-R}}{\sqrt{3}\sqrt{a+b}} + \frac{2k^2}{(EE+x+y-ct)^2} \right). \quad (18)$$

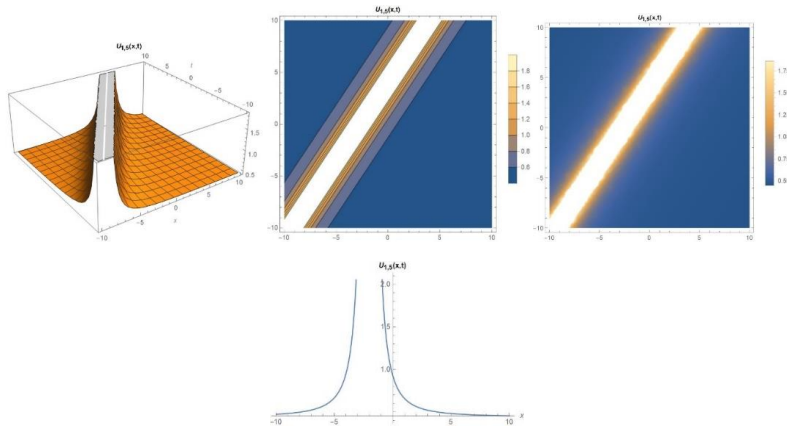


Figure 5. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(18) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.75637, e = 1.6, \lambda = 0, \mu = 0, c = 0.664979, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

CASE 2:

$$A_0 = \frac{(-c+d+e+(a+b)k^2(\lambda^2+8\mu))B_0}{6(a+b)},$$

$$A_1 = \frac{(-c+d+e+(a+b)k^2(\lambda^2+8\mu))A_3}{12(a+b)k^2} + 2k^2\lambda B_0,$$

$$A_2 = \lambda A_3 + 2k^2 B_0,$$

$$B_1 = \frac{A_3}{2k^2},$$

$$R = \frac{-(-c+d+e)^2+(a+b)^2k^4(\lambda^2-4\mu)^2}{12(a+b)}.$$

Family 1: When, $\mu \neq 0$, $\lambda^2 - 4\mu > 0$,

$$u_{2,1}(x, y, t) = \left(\frac{-c+d+e+(a+b)k^2(\lambda^2+8\mu)}{6(a+b)} - \frac{4k^2\mu(\lambda^2-2\mu+\lambda\rho)}{(\lambda+\rho)^2} \right). \quad (19)$$

$$\left(\omega = \left[\frac{1}{2}(EE + x + y - ct)\sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \right], \rho = \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \operatorname{Tanh}[\omega] \right).$$

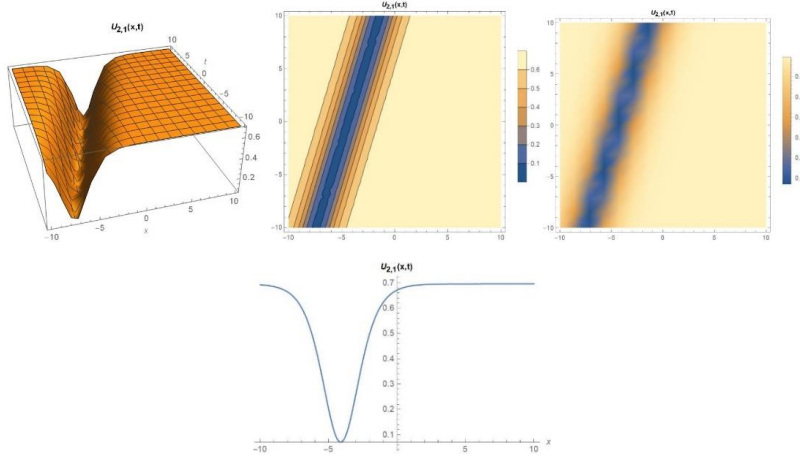


Figure 6. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(19) in $k = 0.5$, $a = 1.2$, $b = 0.1$, $d = 2.5$, $R = -0.75637$, $e = 1.6$, $\lambda = 0$, $\mu = 0$, $c = 0.3$, $y = 1$, $EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 2: $\mu \neq 0$, $\lambda^2 - 4\mu < 0$,

$$u_{2,2}(x, y, t) = \left(\frac{-c+d+e+(a+b)k^2(\lambda^2+8\mu)}{6(a+b)} + \frac{4k^2\mu(-\lambda^2+2\mu+\lambda\psi)}{(\lambda-\psi)^2} \right). \quad (20)$$

$$\left(\sigma = \left[\frac{1}{2}(EE + x + y - ct)\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \right], \psi = \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \operatorname{Tan}[\sigma] \right).$$

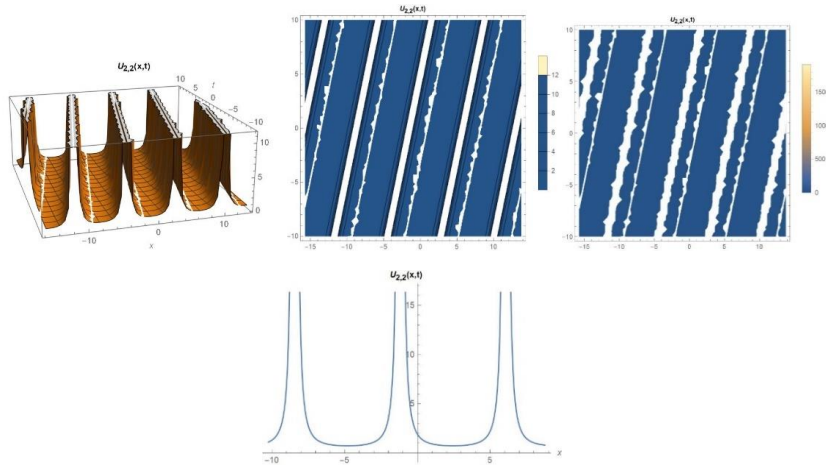


Figure 7. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(20) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.86470, e = 1.6, \lambda = 0, \mu = 0, c = 0.3, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 3: If, $\mu = 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0$,

$$u_{2,3}(x, y, t) = \left(\frac{-c+d+e+(a+b)k^2\lambda^2+3(a+b)k^2\lambda^2\text{Csch}\left[\frac{1}{2}(EE+x+y-ct)\lambda\right]^2}{6(a+b)} \right). \quad (21)$$

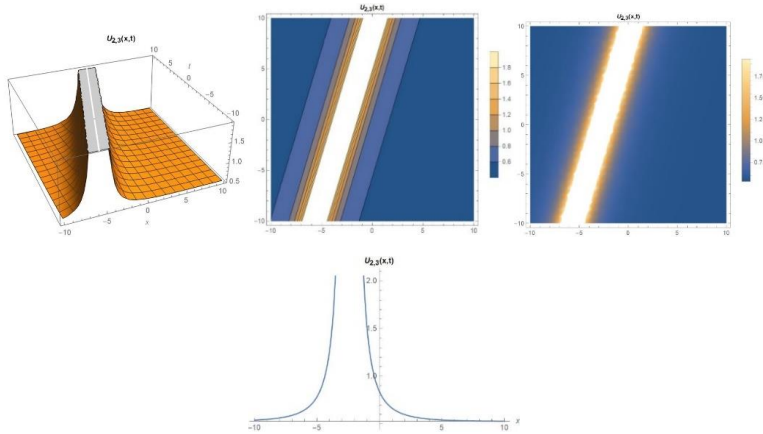


Figure 8. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(21) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.91887, e = 1.6, \lambda = 0, \mu = 0, c = 0.3, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 4: $\mu \neq 0, \lambda \neq 0, \lambda^2 - 4\mu = 0$,

$$u_{2,4}(x, y, t) = \left(\frac{1}{6} \left(\frac{-c+d+e}{a+b} + 2k^2 \left(\lambda^2 \left(-1 + \frac{6}{(2+EE\lambda+x+y-ct)^2} \right) + 4\mu \right) \right) \right). \quad (22)$$

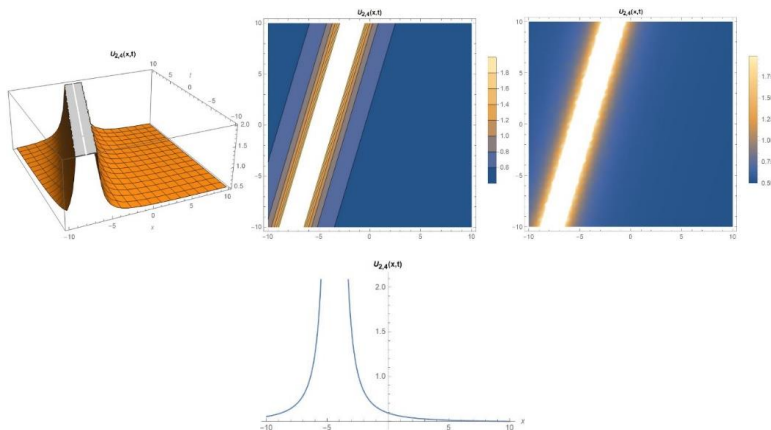


Figure 9. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(22) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.92564, e = 1.6, \lambda = 0, \mu = 0, c = 0.3, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

Family 5: $\mu = 0, \lambda = 0, \lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$u_{2,5}(x, y, t) = \left(\frac{-c+d+e}{6(a+b)} + \frac{2k^2}{(EE+x+y-ct)^2} \right). \quad (23)$$

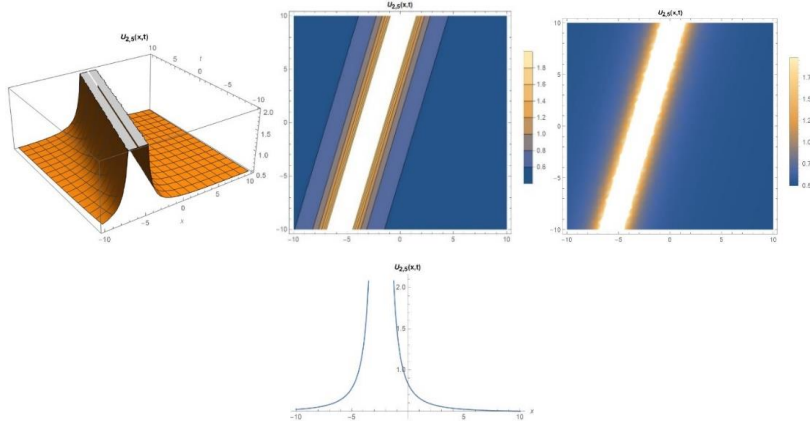


Figure 10. The 3D, contour, and density graphs and 2D graph of Eq.(23) in $k = 0.5, a = 1.2, b = 0.1, d = 2.5, R = -0.75637, e = 1.6, \lambda = 0, \mu = 0, c = 0.3, y = 1, EE = 0.85$ and $t = 1$.

4. Conclusion

In this article, the exact traveling wave solutions of the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation have been reached with the help of the modified exponential function method. Two-three dimensional, contour and density graphs representing all exact wave solutions were drawn by determining appropriate parameters. Manukure et al. 2019 related to the solutions of the (2+1)-dimensional Nizhnik-Novikov-Veselov equation examined in the study. In this study, the solutions of the nonlinear partial differential equation have been obtained by using the Hirota bilinear method. The solution functions obtained by the authors are named complexion solutions. In this study, it has been observed that the solution functions obtained by the method we apply to the equation include hyperbolic and trigonometric functions, as well as rational functions, which have periodic function properties. It is especially advantageous to have periodic functions as a solution function because it is elementary to comment on the behavioral models represented by this type of function. When all these results and graphs are commented, it is seen that the MEFM is an effective method to obtain exact solutions of nonlinear partial differential equations.

References

1. Baskonus H M & Bulut H (2015). On the complex structures of Kundu-Eckhaus equation via improved Bernoulli sub-equation function method. *Waves in Random and Complex Media* **25**(4): 720-728
2. Bulut H, Akturk T & Gurefe Y (2015). An application of the new function method to the generalized double sinh-Gordon equation. *AIP Conference Proceedings* **1648**(1): 370014
3. Bulut H (2017). Application of the modified exponential function method to the Cahn-Allen equation. *AIP Conference Proceedings* **1798**(1): 020033
4. Chen Y & Yan Z (2005). New exact solutions of (2+1)-dimensional Gardner equation via the new sine-Gordon equation expansion method. *Chaos, Solitons & Fractals* **26**(2): 399-406

5. Du X-H (2010). An irrational trial equation method and its applications. *Pramana - Journal of Physics* **75**(3): 415-422
6. Duran S (2020). Exact Solutions for Time-Fractional Ramani and Jimbo—Miwa Equations by Direct Algebraic Method. *Advanced Science, Engineering and Medicine* **12**(7): 982-988
7. Duran S (2020). Solitary Wave Solutions of the Coupled Konno-Oono Equation by using the Functional Variable Method and the Two Variables (G'/G, 1/G)-Expansion Method. *Adiyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* **10**(2): 585-594
8. Duran S (2021). Breaking theory of solitary waves for the Riemann wave equation in fluid dynamics. *International Journal of Modern Physics B* 2150130
9. Duran S, Askin M, & Sulaiman T A (2017). New soliton properties to the ill-posed Boussinesq equation arising in nonlinear physical science. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)* **7**(3): 240-247.
10. Erdogan F, Sakar M G & Saldır O (2020). A finite difference method on layer-adapted mesh for singularly perturbed delay differential equations. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences* **5**(1): 425-436
11. Gurefe Y, Misirli E, Sonmezoglu A & Ekici M (2013). Extended trial equation method to generalized nonlinear partial differential equations. *Applied Mathematics and Computation* **219**(10): 5253-5260
12. He J-H & Wu X-H (2006). Exp-function method for nonlinear wave equations. *Chaos, Solitons & Fractals* **30**(3): 700-708
13. Manukure S, Chowdhury A & Zhou Y (2019). Complexiton solutions to the asymmetric Nizhnik-Novikov-Veselov equation. *International Journal of Modern Physics B* **33**(11): 1950098
14. Naher H & Abdullah F A (2013). New approach of (G'G)-expansion method and new approach of generalized (G'G)-expansion method for nonlinear evolution equation. *AIP Advances* **3**(3): 032116
15. Nuruddeen R I & Nass A M (2018). Exact solitary wave solution for the fractional and classical GEW-Burgers equations: an application of Kudryashov method. *Journal of Taibah University for Science* **12**(3): 309-314
16. Peng Y-Z (2005). A class of doubly periodic wave solutions for the generalized Nizhnik–Novikov–Veselov equation. *Physics Letters A* **337**(1-2): 55-60
17. Ren Y-J & Zhang H-Q (2006). A generalized F-expansion method to find abundant families of Jacobi Elliptic Function solutions of the (2+1)-dimensional Nizhnik–Novikov–Veselov equation. *Chaos, Solitons and Fractals* **27**: 959-979
18. Sakar M, Yeskindirova M & Saldır O (2020). Numerical investigations to design a novel model based on the fifth order system of Emden-Fowler equations. *Theoretical and Applied Mechanics Letters* **10**(5): 333-342
19. Wazwaz A-M (2007). Multiple-soliton solutions for the KP equation by Hirota's bilinear method and by the tanh–coth method. *Applied Mathematics and Computation* **190**(1): 633-640
20. Wazwaz A-M (2010). Multiple soliton solutions for the (2+ 1)-dimensional asymmetric Nizhnik-Novikov-Veselov equation. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications* **72**(3-4): 1314-1318
21. Xu G-Q & Deng S-F (2016). Painlevé analysis, integrability and exact solutions for a (2 + 1)-dimensional generalized Nizhnik-Novikov-Veselov equation. *The European Physical Journal Plus* **131**: 385

- 22.** Yokus A, Durur H, Kaya D, Ahmad H & Nofal T A (2021). Numerical Comparison of Caputo and Conformable Derivatives of Time Fractional Burgers-Fisher Equation. *Results in Physics*: 104247

Gölköy'de (Ordu) Asırlık Bir Armut Gen Kaynağı

Saim Zeki BOSTAN*, Gizem TOP

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Received Date: 28.02.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 18.03.2021)

Öz

Türkiye farklı ekolojik koşulları ve zengin gen kaynakları nedeniyle birçok meyve türünün anavatanıdır ya da anavatanları arasında yer almaktadır. Armutun da gen merkezleri arasında yer alan Türkiye'de çok sayıda mahalli armut çeşit ve genotipleri bulunmakta ve bunlar da meyve ıslahı bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışma Ordu ili Gölköy ilçesinde bir üreticiye ait olan ve 1800'lü yıllarda kurulduğu bilinen isimsiz armut genotiplerinin bulunduğu bahçede 2018 ve 2019 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada yapılan incelemelerle, eylül sonu-ekim başlarında hasat olumuna gelen ve meyve pomolojik özellikleri bakımından birbirinden farklı olan 10 genotip belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre genotiplerde meyve ağırlığı 61.83 g-155.56 g, meyve çapı 48.86 mm-64.98 mm, meyve boyu 47.94 mm-62.08 mm, meyve sapı uzunluğu 33.82 mm-33.90 mm, meyve sapı kalınlığı 2.01 mm-3.34 mm, çekirdek evi eni 3.96 mm- 5.86 mm, çekirdek evi boyu 7.54 mm- 10.41 mm, meyve eti sertliği 3.93 kg/cm²-5.47 kg/cm², meyve suyunda suda çözünür kuru madde içeriği %8.05-%13.15 ve titredilebilir asit miktarı %1.48-%3.92 değerleri arasında değişmiştir. Belirlenen genotiplerin ilerdeki çalışmalar için öncelikle koruma altına alınması ve standart çeşit adaylarının belirlenmesi tavsiye edilmiştir. İncelenen genotipler ilerideki çeşit ıslahı çalışmaları için dikkate alınabilir.

Anahtar Kelimeler: *Pyrus communis*, Armut, Genotip, Pomoloji

A Century-Old Pear Gene Source in Gölköy (Ordu, Turkey)

Abstract

Turkey is among the homeland or homeland of some fruit species due to different ecological and the rich genetic resources. In Turkey that is among the genes centers pears, there are many local pear varieties and genotypes, and these are also important in terms of fruit breeding. This study was carried out in a orchard with pear genotypes known to have been established in the 1800s and belonging to a producer in Gölköy district of Ordu province (Turkey) in 2018 and 2019. With the observations, 10 genotypes that reached harvest maturity in late September-early October and differ from each other in terms of fruit pomological characteristics were determined. According to the results of the research, fruit weight varied from 61.83 g to 155.56 g, fruit diameter from 48.86 mm to 64.98 mm, fruit length from 47.94 mm to 62.08 mm, fruit stalk length from 33.82 mm to 33.90 mm, fruit

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: szbostan@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6398-1916>
Gizem TOP: salih94serdar@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0002-5742-3982>

stalk diameter from 2.01 mm to 3.34 mm, core width from 3.96 mm to 5.86 mm, core length from 7.54 mm to 10.41 mm, fruit flesh firmness from 3.93 kg/cm² to 5.47 kg/cm², total soluble solids content in fruit juice from 8.05% to 13.15% and titratable acid content from 1.48% to 3.92%. It is recommended that the determined genotypes be protected primarily for future studies and determination of standard variety candidates.

Keywords: *Pyrus communis*, Pear, Genotype, Pomology

1. Giriş

Armutun gen merkezleri arasında bulunması ve farklı ekolojik koşullara sahip olması nedenleriyle, Türkiye'de hemen hemen her bölgeye uyum göstermiş 600'ü aşkın yerel armut çeşidi bulunmaktadır (Özbek, 1978).

Armutların pomolojik sınıflandırılmasında meyve şekilleri ile olgunlaşma zamanları dikkate alınmaktadır. Meyve şekillerine göre yapılan sınıflandırmada yağ armutları, yarım yağ armutları, bergamot, yarı bergamot, yeşil uzun, sürahi, iri, paslı, misket, erimez, tarçın, uzun hoşaf, yuvarlak hoşaf, uzun sıra şeklinde olurken, olgunlaşma zamanlarına göre yazlık, güzlük ve kışlık çeşitler olarak sınıflandırılmaktadır (Özçağırın ve ark., 2004).

Ordu ili ekolojik koşulları yönünden birçok ılıman iklim meyve türünün yetişmesine uygun iken, uzun yıllar fındık ağırlıklı yetiştiricilik ve bu üründen elde edilen gelir diğer ürünlerin yetiştirilmesine fırsat vermemiştir. Ordu ili Türkiye armut üretiminin sadece %0.75'ine sahip olmasına rağmen (TÜİK, 2020), yerel olarak yetiştirilmekte olan çok sayıda armut çeşit ve genotiplerine sahip bulunmaktadır.

Dışarıdan getirilecek türler yanında bölgedeki meyvecilik kültürünün gelişmesine katkı sağlayabilecek gen kaynaklarının doğada var olduğu ve bunların da ıslah çalışmaları için değerli materyal oldukları kuşkusuzdur. Fakat mevcut ana türlerin dışındaki birçok türün ekonomik değer arz etmediği, sadece aile ihtiyacını karşıladığı ya da yöresel pazarlara hitap ettiği görülmektedir. İşte bu nedenle bölge ekolojisine uyum sağlamış ve uzun yıllardır yetiştirilmekte olan yöresel meyve çeşitlerinin/genotiplerinin değerlendirilmesi ve içlerinden standart çeşit adaylarının belirlenmesi yöre, bölge ve ülke ekonomisi bakımından bir katma değer oluşturulabilecektir.

Değişen ve gelişen tüketici eğilimlerine göre dünya pazarlarındaki meyve tür ve çeşitlerinin sayısının gün geçtikçe artması pazardaki rekabete ayak uydurmak için pazarın talep ettiği kalitede standart çeşitlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Türkiye armut üretimi bakımından dünyada 4. sırada bulunmasına rağmen verim ve ihracat değerleri bakımından 14. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Bunun bir nedeni de kaliteli ve pazarın aradığı çeşit sayısının az oluşudur. Bu nedenle öncelikle uzun yıllardır yöresel olarak yetiştirilen mevcut ümitvar armut gen kaynaklarının gen erozyonuna maruz kalmadan bulunup standart yetiştiriciliğe kazandırılması önem arz etmektedir.

Bu çalışma Ordu ili Gököy ilçesinde belirlenen ve asırlık bir armut koleksiyonu içerisindeki genotiplerin pomolojik özellikler yönünden tanımlanması ve gelecekteki çeşit ıslahı çalışmaları için bir ön çalışma olması amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışma 2018 ve 2019 yıllarında Ordu ilinin Gökkyö ilçesine bağlı Damarlı mahallesinde Arif ÇELENK'e ait ve 1800'lü yıllarda kurulmuş olan armut bahçesinde yürütülmüştür. Çöğür anaçları üzerine aşıllı olan fidanların kaynağı bilinmeyen bir yerden temin edilmiş olduğu ve isimlerinin de bilinmediği bahçe sahibi tarafından ifade edilmiştir.

Bahçe 984 m rakımda, batı yöneyli ve yaklaşık olarak 2 dekarlık bir alanda kurulmuş olup ağaçlar arasında ortalama 6.5 m kadar mesafe bulunmakta ise de genel olarak düzensizdir. Bahçenin bulunduğu konum 40° enlem ve 37.67° boylamda yer almakta ve çevresinde diğer bazı meyve ağaçları, ormanlık alan ve yol bulunmaktadır. 58 armut ağacının bulunduğu bahçede budama, gübreleme, ilaçlama, sulama, yabancı ot temizliği, toprak işleme gibi herhangi bir kültürel işlem ve uygulama yapılmamakta olup ağaçlar tamamıyla kendi hallerinde yetişmektedirler. Ağaçların bir kısmı kurumuş olup meyve verenleri de bakımsızlık nedeniyle düzensiz ve düşük kaliteli ürün vermektedirler (Şekil 1).



Şekil 1. Armut bahçesinden hasat dönemine ait görüntüler

2.2 Yöntem

Yapılan incelemelerle, eylül sonu-ekim başlarında hasat olumuna gelen ve meyve pomolojik özellikleri bakımından birbirinden farklı olan 10 genotip belirlenmiştir (Şekil 2).

2018 ve 2019 yıllarında her genotipi temsil edecek şekilde, ağaç üzerinde bulunan meyveler arasından farklı iriliklerde olanlarından 15'er adet örnek alınmıştır. Örnekler bekletilmeden aynı gün içerisinde poşetler içerisinde laboratuvara getirilip analizleri yapılmıştır.

Hasat olgunluğuna gelen meyvelerde her iki yıl ölçüm ve tartım analizleri ile ortalama meyve ağırlığı (g), meyve çapı ve boyu (mm), meyve sapı uzunluğu ve kalınlığı (mm), meyve eti sertliği (kg/cm²), çekirdek evi eni ve boyu (mm); duyusal analizlerle tat, sululuk ve yeme kalitesi; kimyasal analizlerle de suda çözünür kuru madde miktarı ve titredilebilir asitlik belirlenmiştir. Bunların yanında duyusal olarak da her bir genotipte yeme kalitesi, tat ve sululuk durumları da değerlendirilmiştir.

Bütün analizler Öztürk (2010) ve Çelikel Çubukçu (2015)'nin kullandıkları yöntemlere göre yapılmıştır.

Ağırlık ölçümlerinde 0.01 gram hassasiyetteki terazi, boyutların ölçülmesinde 0.01 mm'ye duyarlı dijital kumpas, meyve eti sertliğinin ölçülmesinde 11.0 mm uçlu el penetrometresi, suda çözünür kuru madde miktarının belirlenmesinde de el refraktometresi ve titredilebilir asitlik (malik asit) pH metre yardımıyla titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Her bir genotipte incelenen pomolojik özellikler bakımından farklılıkları test etmek için SAS JMP 13.2.0 programında istatistiksel analiz yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için de LSD testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

İncelenen 10 armut genotipinde pomolojik özelliklerin 2018 ve 2019 yıllarına ait ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiştir (Çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1. Armut genotiplerine ait pomolojik özellikler

Genotip No	2018 Yılı									
	MA	MÇ	MB	MSU	MSK	MES	ÇEE	ÇEB	SÇKM	TA
GÖL01	66.8±12.9e	53.2±2.8d	59.9±7.9a-d	41.5±2.7bc	2.2±0.2d	4.4±0.8b-d	5.3±0.9ab	9.6±2.6	12.5±0.6bc	0.9±0.2h
GÖL02	135.5±30.6b	68.4±5.1a	61.9±5.7a-c	28.3±4.6ef	3.3±0.7a	3.7±0.8cd	3.8±1.9cd	7.5±3.2	10.2±0.5e	1.2±0.1gh
GÖL03	66.0±11.8e	51.1±3.1d	57.8±4.9b-d	38.2±7.2cd	1.9±0.2d	4.5±0.6b-d	4.8±0.6b-d	10.4±2.1	13.9±0.9a	3.7±0.3a
GÖL04	67.2±18.5e	50.2±5.9d	47.9±5.5e	30.3±6.4ef	2.2±0.3d	5.4±0.8ab	5.9±1.3a	9.6±2.7	9.2±2.5g	1.4±0.3fg
GÖL05	142.7±48.7b	68.4±9.6a	67.4±3.6a	25.1±7.4f	2.7±0.3bc	4.9±1.6a-c	5.6±1.4ab	9.9±4.9	13.1±0.1b	1.8±0.1cd
GÖL06	112.4±25.5c	60.8±4.9bc	58.4±5.9b-d	23.8±4.4f	3.1±0.4ab	4.6±0.6b-d	4.8±1.6a-c	7.7±2.0	12.0±0.3cd	1.6±0.6de
GÖL07	91.7±15.4d	54.5±1.7cd	66.5±3.4ab	31.9±8.1de	2.7±0.1c	3.6±1.2d	4.7±0.5b-d	9.3±2.2	11.3±0.3d	1.5±0.1ef
GÖL08	45.5±12.4f	40.6±3.3e	51.4±5.8de	45.7±7.3ab	2.3±0.3d	6.0±0.8a	3.7±1.4d	8.2±2.4	7.9±0.1h	2.1±0.1c
GÖL09	40.4±19.5f	42.5±7.8e	56.7±9.4cd	49.5±2.8a	2.0±0.5d	5.5±0.4ab	3.9±0.8cd	6.7±2.6	9.2±0.2fg	3.2±0.1b
GÖL10	162.9±51.0a	62.9±9.0ab	51.5±15.8de	25.7±3.6ef	3.0±0.5a-c	4.9±1.0a-d	3.8±1.3cd	8.1±1.8	9.9±0.1ef	3.4±0.3ab
p	**	**	**	**	**	*	**	ö.d.	**	**
LSD _{0.05}	18.55	7.31	8.77	6.79	0.40	1.39	1.10	-	0.72	0.27
Genotip No	2019 Yılı									
	MA	MÇ	MB	MSU	MSK	MES	ÇEE	ÇEB	SÇKM	TA
GÖL01	77.7±16.3e	51.2±4.1e	59.9±5.4bc	26.2±7.2de	2.5±0.5bc	4.1±1.0	5.3±0.5b-d	11.8±3.4	10.6±0.6b	3.0±0.03e
GÖL02	111.7±22.9d	61.6±5.4cd	55.0±4.2c	17.8±2.8fg	3.4±0.5a	4.1±0.6	4.1±1.2d	10.9±2.8	9.2±0.58d	5.1±0.16a
GÖL03	57.7±8.9f	46.6±2.2f	57.5±5.5bc	34.4±4.1bc	2.1±0.1c	5.7±0.5	5.1±0.4cd	8.4±2.7	12.4±0.5a	4.2±0.1c
GÖL04	68.7±11.9ef	51.3±3.1e	48.0±3.7d	21.8±2.7e-g	2.5±0.2bc	5.3±1.3	5.3±1.5b-d	10.2±1.6	9.9±0.3c	3.3±0.1d
GÖL05	113.3±32.9d	58.8±7.8d	56.8±7.3bc	17.6±4.0fg	3.7±0.5a	5.9±0.6	6.1±0.2a-c	9.7±1.4	9.2±0.1d	4.9±0.3b
GÖL06	130.7±23.9c	65.2±5.4bc	57.6±4.1bc	16.0±6.0g	3.5±0.7a	5.2±1.0	5.8±1.6a-c	10.4±1.2	8.2±0.2e	1.78±0.1f
GÖL07	78.9±6.6e	50.4±3.9ef	55.9±2.6bc	29.1±6.3cd	3.1±0.3ab	5.6±1.3	6.2±1.2a-c	10.5±2.4	12.5±0.4a	1.5±0.1g
GÖL08	134.2±16.1c	60.5±3.3d	69.1±7.8a	35.9±5.5ab	2.5±0.4bc	4.5±0.9	6.3±1.7a-c	10.5±1.7	9.0±0.2d	1.4±0.1g
GÖL09	163.3±22.7a	70.6±4.6a	60.5±2.8b	22.8±4.2d-f	3.3±0.5a	4.9±0.6	6.6±1.1ab	8.4±3.2	6.9±0.2f	0.8±0.04h
GÖL10	148.2±28.2b	65.8±4.3b	69.4±5.3a	41.1±4.3a	3.4±0.3a	4.8±0.4	6.8±1.7a	11.9±1.1	9.4±0.2cd	1.4±0.03g
p	**	**	**	**	**	ö.d.	*	ö.d.	**	**
LSD _{0.05}	11.09	3.98	5.11	6.54	0.67	-	1.45	-	0.57	0.21

*, P<0.05, **, P<0.01, ö.d.: önemli değil

MA	: Meyve ağırlığı (g)	MSK	: Meyve sapı kalınlığı (mm)	SÇKM	: Suda çözünür kuru madde (%)
MÇ	: Meyve çapı (mm)	MES	: Meyve eti sertliği (kg/cm ²)	TA	: Titredilebilir asitlik (%)
MB	: Meyve boyu (mm)	ÇEE	: Çekirdek evi eni (mm)		
MSU	: Meyve sapı uzunluğu (mm)	ÇEB	: Çekirdek evi boyu (mm)		

İncelenen genotiplerden her yıl ürün alınmakla birlikte, bakımsızlık nedeniyle meyve verimleri düzensiz olmuştur. Bu durum incelenen parametrelerin yıllara göre önemli düzeyde değişmesine neden olmuştur. Özellikle GÖL08 ve GÖL09 nolu genotiplerin meyve ağırlığı değerinin ikinci yılda ilk yıla göre yaklaşık olarak 3-4 katı daha fazla olduğu ve bunun da ikinci yılda ürün yükünün birinci yıla göre belirgin şekilde az olmasından ve ağaçta az sayıda meyvelerin daha fazla beslenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, genotiplerin diğer özellikleri bakımından da her iki yıldaki değerlerinin farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

İlk yıl çekirdek evi boyu hariç diğer bütün özellikler bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuş ve meyve ağırlığı 40.28 g (GÖL09) ile 162.96 g (GÖL10); meyve çapı 40.56 mm (GÖL08) ile 68.38 mm (GÖL02); meyve boyu 47.86 mm (GÖL04) ile 67.40 mm (GÖL05); meyve sapı uzunluğu 23.75 mm (GÖL06) ile 49.49 mm (GÖL09); meyve sapı kalınlığı 1.91 mm (GÖL03) ile 3.25 mm (GÖL02); meyve eti sertliği 3.55 kg/cm² (GÖL07) ile 6.00 kg/cm² (GÖL08); çekirdek evi eni 3.69 mm (GÖL09) ile 5.86 mm (GÖL04); çekirdek evi boyu 7.46 mm (GÖL02) ile 10.35 mm (GÖL03); SÇKM %7.90 (GÖL08) ile %13.90 (GÖL03) ve titre edilebilir asitlik %0.93 (GÖL01) ile %3.67 (GÖL03) arasında değişim göstermiştir. Meyve ağırlığı yönünden GÖL10 nolu genotip ve SÇKM değeri yönünden de GÖL03 ile nolu genotip diğerlerinden belirgin şekilde yüksek değere sahip olmuşlardır (Çizelge 1).

İkinci yılda meyve eti sertliği ile çekirdek evi boyu hariç diğer bütün özellikler bakımından genotipler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur. Meyve ağırlığı ve meyve çapı yönünden GÖL09, titre edilebilir asitlik yönünden de GÖL03 nolu genotipler diğerlerinden belirgin şekilde yüksek değere sahip olmuşlardır. İkinci yılda meyve ağırlığı 57.65 g (GÖL03) ile 163.27 g (GÖL09); meyve çapı 46.63 mm (GÖL03) ile 70.62 mm (GÖL09); meyve boyu 48.02 mm (GÖL04) ile 69.38 mm (GÖL10); meyve sapı uzunluğu 16.01 mm (GÖL06) ile 41.09 mm (GÖL10); meyve sapı kalınlığı 2.11 mm (GÖL03) ile 3.65 mm (GÖL05); meyve eti sertliği 4.08 kg/cm² (GÖL01) ile 5.97 kg/cm² (GÖL05); çekirdek evi eni 4.07 mm (GÖL02) ile 6.78 mm (GÖL10); çekirdek evi boyu 8.36 mm (GÖL09) ile 11.87 mm (GÖL10); SÇKM %6.90 (GÖL09) ile %12.40 (GÖL03) ve titre edilebilir asitlik %0.81 (GÖL09) ile %5.13 (GÖL02) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1).

Meyvelerin bazı duyuşsal özelliklerine ait değerlendirmeler Çizelge 2'de sunulmuştur. İncelenen genotiplerin 3 farklı yeme kalitesine (3 genotipte "çok iyi", 3 genotipte "iyi" ve 4 genotipte "orta"), 3 farklı tada (1 genotipte "çok tatlı", 5 genotipte "tatlı" ve 4 genotipte "az tatlı") ve 3 farklı sululuğa (2 genotipte "çok", 6 genotipte "orta" ve 2 genotipte "az") sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Armut genotiplerinin yeme kalitesi, tat ve sululuk durumları

Çeşit	Yeme Kalitesi	Tat	Sululuk
GÖL01	Orta	Az tatlı	Az
GÖL02	Orta	Az tatlı	Az
GÖL03	Çok iyi	Tatlı	Orta
GÖL04	Orta	Az tatlı	Orta
GÖL05	İyi	Tatlı	Orta
GÖL06	Orta	Az tatlı	Orta
GÖL07	Çok iyi	Çok tatlı	Çok
GÖL08	İyi	Tatlı	Orta
GÖL09	İyi	Tatlı	Orta
GÖL10	Çok iyi	Tatlı	Çok

Ülkemizde kaliteli yeni standart çeşitlerin geliştirilmesi amacıyla armutta yürütülen ıslah çalışmaları sonucunda bir çok yerel armut çeşitleri ve genotipleri ıslah edilmiş ve bunlardan bir kısmı da standart çeşit olarak ticari önem kazanmış ya da ıslah çalışmaları için koruma altına alınmıştır (Ülkümen, 1938; Gülerüz, 1977; Karadeniz ve Şen, 1990; Bostan ve Şen, 1991; Büyükyılmaz ve ark., 1992; Şen ve ark., 1992; Koyuncu ve Aşkın, 1993; Ercan, 1995; Aşkın ve Oğuz, 1995; Karadeniz ve Kalkışım, 1996; Edizer ve Güneş, 1997; Gülerüz ve Ercişli, 1997; Ünal ve ark., 1997; Ulaşoğlu, 2000; Yarılgaç ve Yıldız, 2001; Karlıdağ ve Eşitgen, 2006; Demirsoy ve ark., 2008; Yarılgaç, 2008; Bostan, 2009; Yakut ve Özrenk, 2009; Özkaplan, 2010; Özrenk ve ark., 2010; Öztürk, 2010; Uzunismail, 2010; Çiftçi ve ark.,

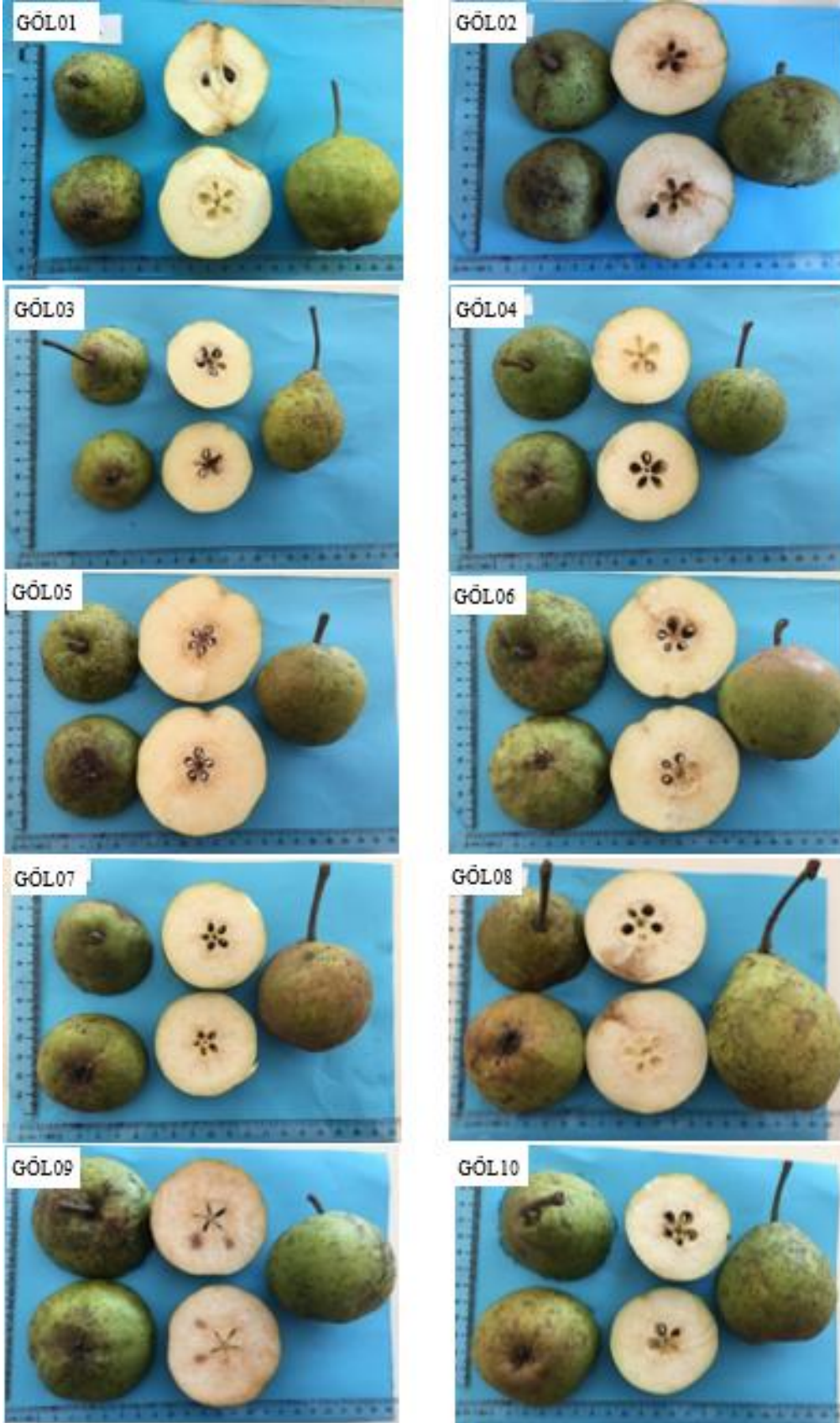
2011; Karadeniz ve Çorumlu, 2012; Bostan ve Acar, 2012; Öztürk ve Demirsoy, 2013; Öz ve Aslantaş, 2015; Gültekin, 2015; Bostan ve Çelikel-Çubukçu, 2016; Ertaş, 2016; Kılıç ve Bostan, 2016; Orman ve Yarılgaç, 2016; Yiğit Büyük ve Pırlak, 2016; Cevahir ve Bostan, 2017; Oturmak ve ark., 2017; Polat ve Az, 2017; Polat ve Bağbozan, 2017; Akın ve Bostan, 2018; Bayındır ve ark., 2018; Cevahir ve Bostan, 2018; Çelikel-Çubukçu ve Bostan, 2018; Kalkışım ve ark., 2018; Maral ve Bostan, 2018; Sağır ve Aygün, 2018; Balta ve ark., 2019; Bayındır ve ark., 2019a; Bayındır ve ark., 2019b; Yayla, 2019; Turalı, 2020; Yılmaz, 2020).

Araştırmada incelenen 10 genotipte meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve boyu değerlerinin, sırasıyla, 61.83 g-155.56 g, 48.86 mm-64.98 mm 47.94 mm-62.08 mm; diğer çalışmalarda 48.20 g-303.20 g, 41.75 mm-83.70 g mm ve 41.86 mm-92.56 mm arasında değiştiği görülmüştür. Çalışmamızda belirlenen 10 genotipin önemli kalite kriterleri olan meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve çapı özelliklerine ait iki yıllık ortalama değerlerini bölge ekolojisinde yürütülmüş olan bazı araştırmalardaki aynı dönemde olgunlaşan (eylül sonu-ekim başlarında hasat olumuna gelenler) seçilmiş ya da değerlendirilmiş genotiplerle/yerel çeşitlerle karşılaştırdığımızda (Karadeniz ve Şen, 1990; Edizer ve güneş, 1997; Demirsoy ve ark., 2008; Uzunismail, 2010; Çiftçi ve ark., 2011; Bostan ve Acar, 2012; Öztürk ve Demirsoy, 2013; Bostan ve Çelikel Çubukçu, 2016; Kılıç ve Bostan, 2016; Cevahir ve bostan, 2018; Çelikel Çubukçu ve Bostan, 2018) benzer sonuçların alındığı gözlemlenmiştir. Görüleceği üzere, çalışmamızdaki genotiplerin önemli kalite kriterleri yönünden daha önceki çalışmalarda seçilen ve ümitvar görülen genotipler dikkate alındığında, ileride çeşit olma potansiyeline sahip oldukları söylenebilir.

4. Sonuçlar

Genotiplerin kalite özelliklerine ait performanslarını kontrollü koşullarda daha iyi ortaya koymaları kaçınılmazdır. Aynı koşullardaki genotiplerin kalite özellikleri yönünden gerek kendi içlerinde gerekse çevrede yetiştirilen diğer mahalli çeşitlerle karşılaştırılabilirliği daha kesin sonuçlar verebilecektir. Belirlenen bu 10 genotipin ilerdeki çalışmalar için öncelikle koruma altına alınması ve bunlar arasından standart çeşit adaylarının belirlenmesi önemle tavsiye edilir.

Bu yönüyle çalışmamızın bu aşamada genotiplerin pomolojik özelliklerini belirlemede bir ön çalışma niteliğinde olduğu da söylenebilir.



Şekil 2. Armut genotipleri

Kaynaklar

1. Akın Y & Bostan SZ (2018). İlkadım (Samsun) ilçesi yerel armutları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (JAFAG)* **35** (Ek Sayı): 63-68.
2. Aşkın MA & Oğuz Hİ (1995). Erçiş'te yetiştirilen ümitvar Mellaki armut tiplerinde bazı meyve ve ağaç özelliklerinin tespiti üzerinde araştırmalar. *Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 03-06 Ekim, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Cilt 1 (Meyve): 84-87.
3. Balta F, Üç L & Karakaya O (2019). Şebinkarahisar (Giresun) ilçesinde seçilen Alishar armut klonlarının bazı meyve özellikleri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)* **5**(1): 31-37.
4. Bayındır Y, Çöçen E, Macit E, Gültekin N, Toprak-Özcan E, Aslan A & Aslantaş R (2018). Malatya yöresi mahalli güzlük armut genotiplerinin seleksiyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, *Akademik Ziraat Dergisi* **7**(1):9-16.
5. Bayındır Y, Çöçen E, Macit E, Gültekin N, Toprak-Özcan E, Aslan A & Aslantaş R. (2019a). Malatya ili yazlık yerel armut genotiplerinin seleksiyonu. *Ziraat Mühendisliği*, **367**: 54-65.
6. Bayındır Y, Çöçen E, Macit E, Gültekin N, Toprak-Özcan E, Aslan A & Aslantaş R. (2019b). Malatya ilinde yetiştirilen yerel kışlık armut genotiplerinin seleksiyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* **6**(2): 206-215.
7. Bostan SZ (2009). Pomological traits of local apple and pear cultivars and types grown in Trabzon province (Eastern Black Sea Region of Turkey). *Acta Horticulturae*, **825**: 293-298.
8. Bostan SZ & Acar Ş (2012). Ünye'de (Ordu) yetiştirilen mahalli armut çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi* **1** (2); 97-106.
9. Bostan SZ & Çelikel-Çubukçu G (2016). Çaykara ilçesinde yetiştirilen güzlük ve kışlık mahalli armut çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *BAHÇE* **45** (1) Özel Sayı Cilt: 1 Meyvecilik: 59-68.
10. Bostan SZ & Şen SM (1991). Van ve çevresinde yetiştirilen mahalli armut çeşitlerinin morfolojik ve pomolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **1**(3): 153-169.
11. Büyükyılmaz M, Bulagay AN & Burak M (1992). Doğu Marmara Bölgesinde yetişen akça armutlarında klon seleksiyonu. *BAHÇE* **21**(1-2): 61-68.
12. Cevahir G & Bostan SZ (2017). Of (Trabzon) ilçesi yerel armutları: Erkenci ve orta mevsim çeşitleri. *Meyve Bilimi* **4** (2): 19-25.
13. Cevahir G & Bostan SZ (2018). Of (Trabzon) ilçesi yerel armutları: Geççi çeşitler. The 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY, 28-30 November, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey. Book of Proceedings, 33-38.
14. Çelikel-Çubukçu G (2015). Çaykara ilçesinde yetiştirilen yerel armut (*Pyrus* spp.) genotiplerinin seleksiyon yoluyla islahı ve ateş yanıklığına dayanıklılık durumlarının araştırılması. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
15. Çelikel-Çubukçu G & Bostan SZ (2018). Çaykara ilçesinde yetiştirilen yerel armut (*Pyrus* spp.) genotiplerinin seleksiyon yoluyla islahı: I-Meyve özellikleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (JAFAG)* **35** (Ek Sayı): 75-88.
16. Çiftçi DT, Sağır N, Bağcı MD & Aygün A (2011). Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilen yerel armut (*Pyrus* spp.) çeşitlerinin bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 4-8 Ekim, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Meyvecilik Bildirileri, 798-806.

17. Demirsoy L, Öztürk A, Serdar Ü & Duman E (2008). Saklı Cennet Camili'de yetiştirilen yerel armut çeşitleri. *Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 04-07 Eylül 2007, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum. Cilt 1: Meyvecilik, 396-400.
18. Edizer Y & Güneş M (1997). Tokat yöresinde yetiştirilen yerel elma ve armut çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri üzerinde bir araştırma. *Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu*, 02-05 Eylül, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Bildiriler, 53-60.
19. Ercan N (1995). Ege Bölgesine uygun 'Akça' armut tiplerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. *Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 03-06 Ekim, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Cilt 1 (Meyve), 79-83.
20. Ertaş A (2016). Siirt ve çevresinde yetişen mahalli armut çeşitlerinin (*Pyrus communis* L.) fenolojik ve pomolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Siirt.
21. FAO (2019). Food and Agriculture Data. The Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO).
22. Güleriyüz M (1977). Erzincan'da yetiştirilen bazı önemli elma ve armut çeşitlerinin pomolojileri ve dölleme biyolojileri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayinevi, No: 229, Erzurum, 181s.
23. Güleriyüz M & Ercişli S (1997). Kağızman ilçesinde yetiştirilen yerel armut çeşitleri üzerinde pomolojik bir araştırma. *Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu*, 02-05 Eylül, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Bildiriler, 37-44.
24. Gültekin L (2015). Erzincan ovasında yetiştirilen Çermail armut çeşidinde üstün vasıflı tiplerin seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
25. Kalkisim O, Okcu Z, Karabulut B, Ozdes D & Duran C (2018). Evaluation of pomological and morphological characteristics and chemical compositions of local pear varieties (*Pyrus communis* L.) grown in Gumushane, Turkey. *Erwerbs-Obstbau* **60**:173-181.
26. Karadeniz T & Çorumlu MS (2012). İskilip armutları. *Akademik Ziraat Dergisi* **1**(2): 61-66.
27. Karadeniz T & Kalkışım Ö (1996). Görele ve çevresinde yetiştirilen mahalli yazlık armut çeşitleri üzerinde pomolojik çalışmalar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **6** (1): 81-86.
28. Karadeniz T & Sen SM (1990). Tirebolu ve çevresinde yetiştirilen yerel armut çeşitlerinin pomolojik ve morfolojik özellikleri üzerinde araştırmalar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **1**(1): 152-165.
29. Karlıdağ H & Eşitken A (2006). Yukarı Çoruh vadisinde yetiştirilen elma ve armut çeşitlerinin bazı pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* **16**(2): 93-96.
30. Kılıç D & Bostan SZ (2016). Gürgentepe (Ordu) ilçesinde yetiştirilen yerel armut çeşitlerinin meyve ve ağaç özellikleri. *Electronic Journal of Vocational Colleges* **6**(4): 21-32.
31. Koyuncu F & Aşkın MA (1993). Van ve çevresinde yetiştirilen standart ve mahalli bazı armut çeşitlerinin morfolojik ve pomolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **2**(1): 103-118.
32. Maral E & Bostan SZ (2018). Salıpazarı (Samsun) ilçesi yerel armutları: erkenci ve orta mevsim çeşitleri. *The 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY* 28-30 November, Ondokuz Mayıs University, Book of Proceedings: 167-172.

33. Orman E & Yarılgaç T (2016). Bahçesaray yöresinde armut yetiştiriciliği ve seçilen bazı armut genotiplerinin pomolojik ve morfolojik incelenmesi. *BAHÇE* 45: 1-10.
34. Oturmak İ, Özrenk K & Çavuşoğlu Ş (2017). Diyarbakır (Silvan, Kulp, Hazro) yöresindeki bazı mahalli armut (*Pyrus communis* L) gen kaynaklarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)* 3(2): 61-67.
35. Öz MH & Aslantaş R (2015). Doğu Anadolu Bölgesi armut genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 46 (2): 93-106.
36. Özbek S (1978). Özel meyvecilik (kışın yaprağını döken meyve türleri). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, 128s.
37. Özçağırın R, Ünal A, Özeker E & İsfendiyaroğlu M (2004). Ilıman iklim meyve türleri, Yumuşak çekirdekli meyveler (Cilt-II). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 556, İzmir, 166s.
38. Özkaplan M (2010). Ordu ve çevresinde yetişen mahalli armut çeşitlerinin (*Pyrus communis* L.) fenolojik ve pomolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
39. Özrenk K, Gündoğdu M & Kan T (2010). Van Gölü havzası yerel armutları. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 20 (1): 46-51.
40. Öztürk A (2010). Sinop ilindeki armut genotiplerinin morfolojik, pomolojik ve moleküler karakterizasyonu. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
41. Öztürk A & Demirsoy L (2013). Promising pear genotypes from North Anatolia, Turkey: Preliminary Observations. *Journal of the American Pomological Society* 67(4): 217-227.
42. Polat A & Az Ö (2017). Eğirdir (Isparta) ekolojisinde yetiştirilen geççi yerli armut (*Pyrus Communis* L.) genotiplerinin meyve özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21 (1): 20-23.
43. Polat M & Bağbozan R (2017). Eğirdir (Isparta) ekolojisinde yetiştirilen erkenci yerli armut (*Pyrus communis* L.) tiplerinin bazı meyve özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21(1): 9-12.
44. Sağır N & Aygün A (2018). Trabzon ili'nde yetiştirilen yazlık yerel armut çeşitlerinin meyve özelliklerinin belirlenmesi. *BAHÇE* 47 (Özel Sayı 2: Uluslararası Tarım Kongresi (UTAK 2018)): 26-34.
45. Şen SM, Cangi R, Bostan SZ, Balta F & Karadeniz T (1992). Van ve çevresinde yetiştirilen seçilmiş bazı Mellaki ve Ankara armut çeşitlerinin fenolojik, morfolojik ve pomolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(2):29-40.
46. Turalı R (2020). Bolu Dağı batı yakasında yetişen mahalli armut çeşit ve genotiplerinin pomolojik, fenolojik, morfolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bolu.
47. TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
48. Ulaşoğlu O (2000). Tokat'ta yetiştirilen bazı yerli armut çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
49. Uzunismail T (2010). Akoluk ve Özdil beldelerinde (Trabzon) yetiştirilen mahalli armut çeşit ve tiplerinin pomolojik, fenolojik ve morfolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.

50. Ülkümen L (1938). Malatya'nın mühim meyve çeşitleri üzerinde morfolojik, fizyolojik ve biyolojik araştırmalar. Yüksek Ziraat Enstitüsü Rektörlüğü, Sayı 65, Ankara. 439s.
51. Ünal A, Saygılı,H, Hepaksoy S & Türküsay H (1997). Ege Bölgesinde armut yetiştiriciliği ve seçilen bazı armut çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu*, 02-05 Eylül, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Bildiriler, 29-35.
52. Yakut Ş & Özrenk K (2009). Erzincan yöresinde yetişen Çermail armutlarının seleksiyonu seleksiyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* **14**(2): 145-153.
53. Yarılgaç T & Yıldız K (2001). Adilcevaz ilçesinde yetiştirilen mahalli armut çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* **11**(2): 9-12.
54. Yarılgaç T (2008). Edremit ve Gevaş (Van) yöresi armutlarının seleksiyon yolu ile ıslahı. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 04-07 Eylül 2007, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum. Cilt 1: Meyvecilik, 551-555.
55. Yayla S (2019). Seben (Bolu) yöresi armut genotiplerinin pomolojik ve morfolojik karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bolu.
56. Yılmaz A (2020). Fatsa'nın (Ordu) yerel kışlık armut çeşitleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
57. Yiğit-Büyük F & Pırlak L (2016). Konya il merkezinde yetiştirilen mahalli armut çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin tespiti. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi* **3**(2): 184-190.

Benzimidazolyum Tipi Moleküllerin Anti-Kanser Aktivitesinin VEGFR-2 ve TrxR Kristal Yapıları Kullanılarak Moleküler Doking Yoluyla Analizi

Neslihan ŞAHİN^{1,*}, Elvan ÜSTÜN²

^aDepartment of Basic Education, Faculty of Education, Cumhuriyet University, 58140, Sivas, Turkey.

^bDepartment of Chemistry, Faculty of Art and Science, Ordu University, 52200, Ordu, Turkey

(Geliş Tarihi/Received Date: 19.04.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 08.06.2021)

Öz

N-heterosiklik karbenler biyoaktiviteleri dolayısıyla sıklıkla incelenen bir molekül ailesidir. Kanser dünyada ölüme neden olan 2. hastalık olduğu için, N-heterosiklik karbenlerin anti-kanser aktivitesi de incelenen özellikler arasındadır. Bütün aday moleküllerin biyoaktivitesinin incelenmesinin zorlukları değerlendirildiğinde, in-siliko yöntemlerin öngörü elde etmek için kullanılması avantajlıdır. Teorik hesaplama yöntemleriyle, mevcut moleküllerin özellikleri incelenebildiği gibi daha uygun moleküllerin sentezlenmesi için ön bilgiler elde edilebilir. Bu çalışmada daha önce karakterizasyonu tamamlanmış 1-(allil)-3-(2,4,6-trimetilbenzil)benzimidazolyum klorit (1) ve 1-(allil)-3-(2,3,4,5,6-pentametilbenzil)benzimidazolyum klorit (2) molekülleri DFT temelli hesap yöntemleri ile yapısal olarak incelenerek optimize edilmiştir. Optimize moleküllerin VEGFR-2 ve TrxR kristal yapıları ile etkileşimleri moleküler doking yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.



Anahtar kelimeler: N-Heterosiklik Karbenler, Anti-Kanser, Moleküler Doking, DFT

Molecular Docking Analysis of Benzimidazolium Type Molecules with VEGFR-2 and TrxR Crystal Structures for Evaluating Anti-Cancer Activity

Abstract

N-heterocyclic carbenes is a molecule family that is frequently studied for their bioactivity. Since cancer is the second disease that causes death in the world, the anti-cancer properties of N heterocyclic carbenes is one of the analyzed activities. Considering the difficulties of studying the bioactivities of all candidate molecules, using in-silico methods for obtaining predictions is advantageous. With theoretical ways, both the properties of the existed molecules can be examined, and preliminary information can be obtained for designing of more suitable molecules. In this study, previously characterized of 1-(allyl)-3-(2,4,6-trimethylbenzyl)benzimidazolium chloride (1) and 1-(allyl)-3-(2,3,4,5,6-pentamethylbenzyl)benzimidazolium chloride (2) have been optimized by DFT-based calculation methods. In addition, the interactions of optimized molecules with VEGFR-2 and TrxR crystal structures were analyzed by using molecular docking methods.

Keywords: N-Heterocyclic Carbenes, Anti-Cancer, Molecular Docking, DFT

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: neslihan4458@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-1498-4170> Elvan ÜSTÜN:  <https://orcid.org/0000-0002-0587-7261>

1. Introduction

N-Heterocyclic Carbenes (NHCs) is a family of molecules that frequently used in organometallic chemistry due to their strong σ -donor and weak π -acceptor properties (Nair et al 2004, Serdaroğlu et al 2021). NHCs are popular since the first molecule was isolated by Arduengo in 1991 (Arduengo et al 1991). The catalytic activity and the diverse bioactivity of these molecules are still being studied recently (Vicin et al 2003; Frémont et al 2009, Serdaroğlu et al 2019).

According to the reports of the World Health Organization (WHO), cancer is the second mortal disease in world (<https://www.who.int>). Studies on the elucidation of formation of cancerous cell and metastasis mechanisms, which attracts the attention of scientists in many fields, are remarkable since very strong synthetic agents used in old cancer drugs cause damage in healthy cells as well as cancerous cells (Waks et al 2019; Miller et al 2019; Gupta and Massagué, 2006). This has led to the development of new inhibitor/activator agents for certain macromolecules in the certain cancer mechanisms (Dawson and Kouzaride, 2012; Nordling, 1953). For example, Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) is a homodimeric glycoprotein that is critical during angiogenesis that plays an important role in the formation and growth of tumor cells. VEGF Receptors (VEGFRs) are divided into two subgroups as VEGFR-1 and VEGFR-2. The studies about the increment of cervical, breast and lung cancer cases in overexpression of VEGFR-2 show that controlling the expression of VEGFR-2 is a suitable pathway for fighting against cancer (Sitohy et al 2012; Spannuth et al 2009; Rapisarda and Melillo, 2012; Tanno et al 2004). Similarly, it is known that free radicals and Reactive Oxygen Species (ROS) occur in oxygen metabolism, diseases, and inflammation in metabolically active cells. These harmful forms cause disruption of endogenous macromolecular structures such as DNA, proteins, and lipids. One of the defense mechanisms against these species is the activation of redox sensitive factors of the human body. The expression of Thioredoxin Reductase (TrxR), which is involved in these defense processes, increases significantly in some cancer types such as breast, thyroid, and prostate cancer. Thus, unlike conventional anti-cancer agents, TrxR inhibition can be used as a cancer-fighting mechanism. It is not experimentally possible to examine the interaction of each effective species in cancer mechanisms with possible anti-cancer agents (Lincoln et al 2003; Ganther 1999; Arnér and Holmgren, 2006; Nguyen et al 2006). Therefore, primarily analyzing candidate molecules by in-silico methods will provide foresight about both activity of existed molecules and synthesis of more active molecules. With this approach, in this study, 1-(allyl)-3-(2,4,6-trimethylbenzyl)benzimidazolium chloride (1) and 1-(allyl)-3-(2,3,4,5,6-pentamethylbenzyl) benzimidazolium chloride (2) have been optimized by DFT-based calculation methods (Şahin et al 2019). The interactions of optimized molecules with VEGFR-2 and TrxR crystal structures were analyzed by using molecular docking methods.

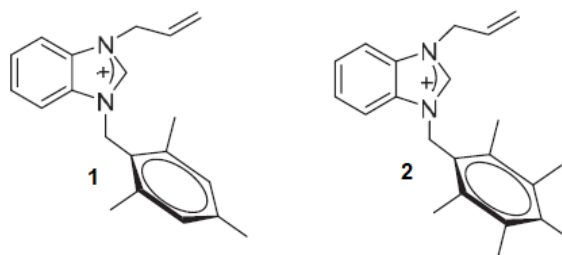


Figure 1. Molecular structure of 1 and 2

2. Experimental

2.1. DFT/TDFFT Calculation Method

DFT calculations were performed with ORCA version 2.8 using the BP86 functional with a def2-SVP def2-SVP/J basis set, the tightscf, and KDIIS SOSCF options for geometry optimizations (Neese 2012; Neese et al 2020, Üstün et al 2019; Becke 1997; Lee et al 1988). TDDFT calculations were also carried out with nroots 45 and maxdim 225 options (Neese 2006). The quantum chemical parameters were calculated with the following Eq(1-4) (Parr et al 1999; Parr and Pearson 1983):

$$\eta = \frac{I - A}{2} = \frac{E_{HOMO} - E_{LUMO}}{2}$$

$$\delta = \frac{1}{\eta} = \frac{2}{E_{HOMO} - E_{LUMO}}$$

$$\chi = -\mu = \frac{I + A}{2} = \frac{(E_{HOMO} + E_{LUMO})}{2}$$

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\delta}$$

The η , δ , χ , and ω symbols were defined as global hardness, global softness, absolute electronegativity, and electrophilicity index, respectively.

2.1. Molecular Docking Method

Molecular docking was carried out by using AutoDock 4.2. with crystal structure from RCSB protein data bank (PDB ID: 1ywn and 4cbq) (Miyazaki et al 2005; Parsonage et al 2016). Kollman charges and polar hydrogen atoms were evaluated for target molecules and the waters in proteins were removed in process. Randomized starting positions, Gasteiger charges, torsions have been evaluated for ligand molecules. The genetic algorithm population was used as 150 while applying Lamarkian genetic algorithms (Trott and Olson, 2010; Holt et al 2008).

organik madde içerikleri bakımından sıralamanın KT>OT-1>OT-3 şeklinde ve % 4.40>4.28>3.84 düzeyinde olduğu, organik tarım topraklarının orta seviyenin altında (<% 3) daha fazla oranda dağılım gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 1, 2).

3. Result and Discussion

Structural properties of inorganic complexes provide useful information on reactivity. For example, the Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO) of a molecule shows the active sites of electron-donor reactions; the Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO) indicates on which region the molecules accept electrons. In addition, calculated orbital energies that made with the same basis sets provide useful information about the electron donor/acceptor capacities of the molecules. In both of the molecules analyzed in this study, the HOMOs are located on the benzylic area. Therefore, the reactions in which the molecules act as a Lewis base will occur on benzyl part. Also, the molecules will accept electrons through benzimidazole since LUMO orbitals of both molecules are located on this residue.

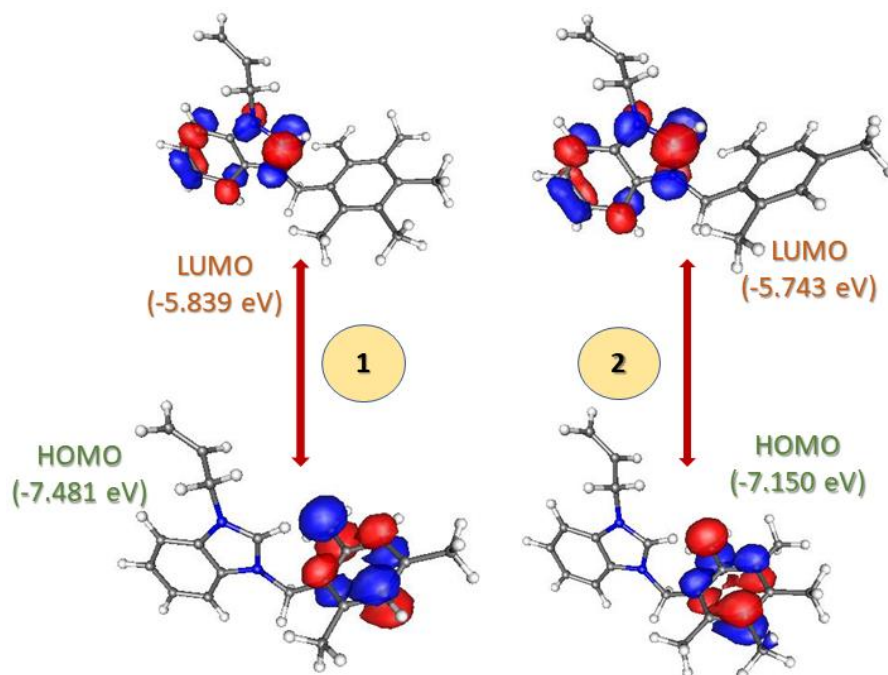


Figure 2. HOMO and LUMO orbitals of the **1** and **2**

It is common to obtain an idea about the reactivity with the relative energies of molecular orbitals. For example, it can be said that **1** with a lower calculated LUMO energy will be stronger electron-acceptor. However, the global reactivity descriptors that is developed by Koopmann are used to interpret the reactivity of molecules (Kaya et al 2016; Morell et al 2005). The ionization potential, electron affinity and electronegativity involve the direct evaluation of HOMO-LUMO energy gap of the molecules (Serdaroğlu and Şahin, 2019). The chemical hardness and softness can be evaluated as a measurement of the stability of molecules (Vijayaraj et al 2009). The softer molecule is embraced as more reactive. On the other hand, electrophilicity index is considered as a criterion of a molecule's activity against a nucleophile (Parthasarathi et al 2004). According to all the criteria, it could be confirmed that **1** is more reactive than **2**.

Table 1. The calculated quantum chemical parameters* for the lower energy conformers each of **1** and **2** (in eV)

	<i>IP</i>	<i>EA</i>	χ	η	δ	ω
1	7.481	5.839	6.660	0.821	0.609	27.013
2	7.150	5.743	6.446	0.703	0.711	29.543

*IP: Ionization Potential ($-E_{\text{HOMO}}$); EA: Electron Affinity ($-E_{\text{LUMO}}$); χ : Electronegativity; η : Chemical Softness; δ : Chemical Hardness; ω : Electrophilicity Index

Table 2. Molecular Docking Results of **1** and **2** in the active site of certain receptors.

Compound	Bind. Aff.*	Amino Acids Residue
1ywn		
1	-4.51	Leu1033, Ala864, Val897, Cys917, Cys1043, Leu838, Phe916, Glu915, Val914, Asn921, Asp1044
2	-5.07	Leu1033, Ala864, Val897, Cys917, Arg1030, Cys1043, Val846, Leu838, Val914, Glu915, Phe916, Leu887, Gly920, Asn921, Glu883, Asn1031, Asp1044
4cbq		
1	-8.12	Thr117, Asn251, Ala38, Val41, Phe254, Ile10, Gly11, Ser12, Gly13, Pro14, Tyr33, Glu34, Gly35, Gly45, Gln46, Ile88, Thr87, Gly118, Ala119, Thr120
2	-8.18	Thr117, Asn251, Ile10, Ala38, Val41, Phe254, Gly11, Ser12, Gly13, Tyr33, Gly35, Glu34, Gly45, Gln46, Thr87, Ile88, Ala116, Gly118, Ala119, Thr120

* Binding Affinity in kcal/mol.

Molecular docking analysis has been recently accepted as an essential tool in drug design research (Ferreira et al 2015; Krovat et al 2005). This method provides useful data about the possible bioactivities. In addition, this method could give predictions on activities that cannot be analyzed by experimental procedures. With molecular docking method, it is possible to have an idea about not only the active sites of the studied macromolecules and also the magnitude of interaction with numerical results such as binding energy. In this study, interactions of both NHCs related to their anti-cancer activities with VEGFR-2 and TrxR crystal structures were investigated.

1 and **2** were interacted with approximately the same region of the VEGFR-2 crystal structure that involved Leu1033, Val897, Glu915 and Asp1044. The molecules preferred the alkyl/ π -alkyl and Van der Waals interactions with the VEGFR-2 crystal. Both molecules have π - σ interaction with Leu1033 and also alkyl/ π -alkyl interaction with Ala864, Val897, Cys917, Arg1030 and Cys1043. The details of the Van der Waals interactions of both molecules can be analyzed in Figure 3. The binding energies of all interactions were calculated -4.51 kcal/mol for **1** and -5.07 kcal/mol for **2** and these results can be interpreted as **2** has a stronger interaction with VEGFR-2.

The interactions of both molecules with TrxR are stronger than that of VEGFR-2 since the interactions with TrxR involved H-bonds with Thr117 and Asn251. **1** and **2** were interacted with approximately the same region of the TrxR crystal structure. As the details could be examined in Figure 4, **1** do not have any interaction except alkyl/ π -alkyl and Van der Waals, but **2** have π - σ interaction with Ile10. The binding energy of **1** were calculated as -8.12 kcal/mol while it is calculated as -8.18 kcal/mol for **2**.

The cytotoxicity of **1** and **2** in DU-145 human prostate cancer cells, MCF-7, MDA-MB-231 breast cancer cells, and L-929 normal adipose cells were previously analyzed by MTT assay (Şahin et al 2019). The cytotoxicities of the molecules were indicated that these molecules have potent activity against the three cancer cell lines studied, and the efficacy of **2** is much higher than that of **1**. The experimental results are compatible with the molecular docking results of both VEGFR-2 and TrxR crystal structures.

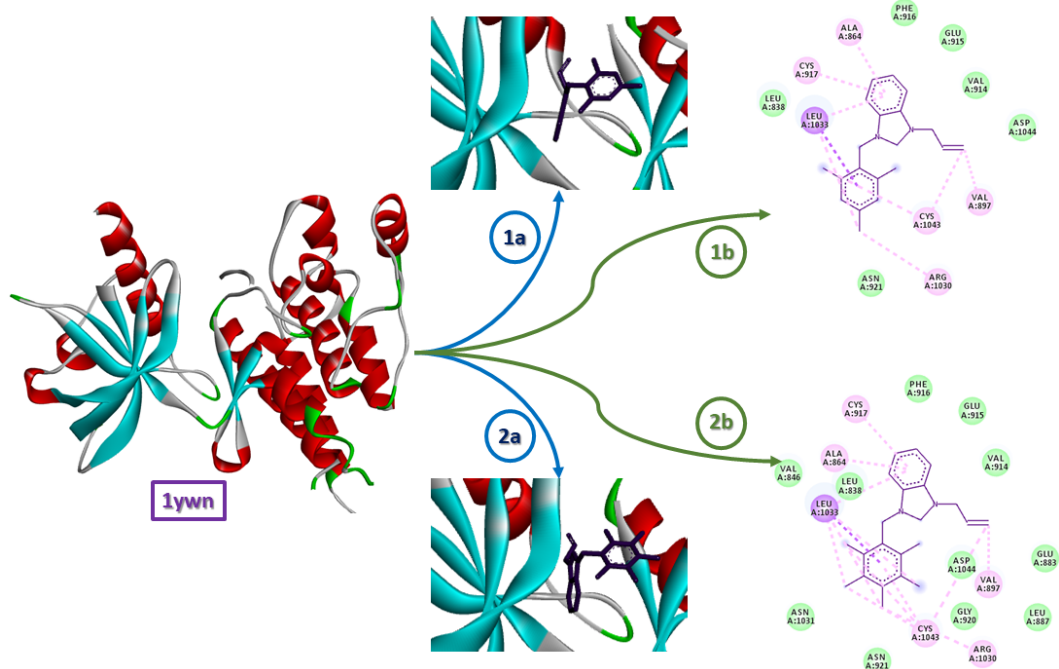


Figure 3. Molecular docking interaction of the molecules with VEGFR-2

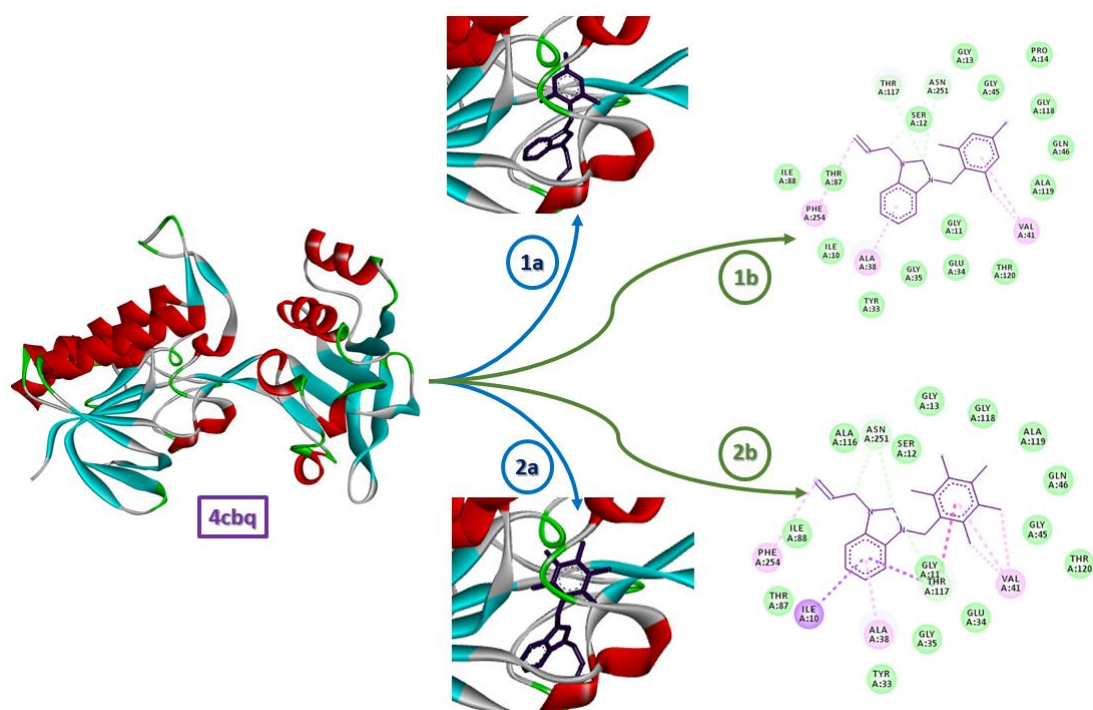


Figure 4. Molecular docking interaction of the molecules with TrxR

4. Conclusion

The anti-cancer activities have been performed for many candidate molecules since cancer is the second mortal disease all over the world. NHC-type molecules also have been analyzed for possible anti-cancer activity. It is not possible that the evaluation for anti-cancer activities of all candidate molecules because of the difficulties/constrictions of experimental anti-cancer procedures. Then, in-silico methods could be an alternative for analyzing the

bioactivities. The anti-cancer activity of the molecules that analyzed in this study were evaluated for Vascular Endothelial Growth Factor Receptor-2 and Thioredoxin Reductase crystal structures by molecular docking methods. Also, DFT-based calculation methods were used for structural analysis. All calculated results shows that anti-cancer activity of **2** could be better than **1**. Since this kind of in-silico methods have many options and constraints, the calculations of this kind of molecules must be improved for determining the best anti-cancer agent.

References

1. Arduengo AJ, Harlow RL & Kline M. (1991) A stable crystalline carbene. *Journal American Chemical Society* 113(1):361–363.
2. Arnér ESJ & Holmgren A. (2006) The thioredoxin system in cancer. *Seminars in Cancer Biology* 16(6):420-426.
3. Becke AD. (1993) A new mixing of Hartree-Fock and local density-functional theories. *The Journal of Chemical Physics* 98(2):1372 – 1377.
4. Dawson MA & Kouzarides T. (2012) Cancer Epigenetics: From Mechanism to Therapy. *Cell* 150(1):12-27.
5. Ferreira LG, Dos Santos RN, Oliva G & Andricopulo AD. (2015) Molecular Docking and Structure-Based Drug Design Strategies. *Molecules* 20(7):13384-13421.
6. Frémont P, Marion N & Nolan SP. (2009) Cationic NHC–gold(I) complexes: Synthesis, isolation, and catalytic activity. *Journal of Organometallic Chemistry* 694(4):551-560.
7. Ganther HE. (1999) Selenium metabolism, selenoproteins and mechanisms of cancer prevention: complexities with thioredoxin reductase. *Carcinogenesis* 20(9):1657–1666.
8. Gupta GP & Massagué J. (2006) Cancer Metastasis: Building a Framework. *Cell* 127(4):679-695.
9. Holt PA, Chaire JB & Trent JO. (2008) Molecular Docking of Intercalators and Groove-Binders to Nucleic Acids Using Autodock and Surflex. *Journal of Chemical Information and Modeling* 48(8):1602–1615.
10. https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_1
11. Kaya S, Banerjee P, Sah S, Tüzün B & Kaya C. (2016) Theoretical evaluation of some benzotriazole and phosphono derivatives as aluminum corrosion inhibitors: DFT and molecular dynamics simulation approaches. *RSC Advances* 6:74550-74559.
12. Koopmans T. (1933) Über die Zuordnung von Wellenfunktionen und Eigenwerten zu den einzelnen Elektronen eines Atoms. *Physica* 1:104-113.
13. Krovat EM, Steindl T & Langer T. (2005) Recent Advances in Docking and Scoring. *Current Computer - Aided Drug Design* 1(1):93-102.
14. Lee C, Yang W & Parr RG. (1988) Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Physical Review B* 37(2):785 – 789.

15. Lincoln DT, Emadi AEM, Tonissen KF & Clarke FM. (2003) The thioredoxin-thioredoxin reductase system: over-expression in human cancer. *Anticancer Research* 23(3B):2425-2433.
16. Miller KD, Nogueira L, Mariotto AB, Rowland JH, Yabroff KR, Alfano CM, Jemal A, Kramer JL & Siegel RL. (2019) Cancer treatment and survivorship statistics. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 69(5):363-385.
17. Miyazaki Y, Matsunaga S, Tang J, Maeda Y, Nakano M, Philippe R.J, Shibahara M, Liu W, Sato H, Wang L & Nolte RT. Novel 4-amino-furo[2,3-d]pyrimidines as Tie-2 and VEGFR2 dual inhibitors. *Bioorganic Medical Chemical Letter* 15:2203-2207.
18. Morell C, Grand A & Toro-Labbé A. (2005) New Dual Descriptor for Chemical Reactivity *Journal Physical Chemistry A* 109(1):205–212.
19. Nair V, Bindu S & Sreekumar V. (2004) N-Heterocyclic Carbenes: Reagents, Not Just Ligands!. *Angewandte Chemie International Edition* 43(39):5130 –5135.
20. Neese F, Wennmohs F, Becker U & Riplinger C. (2020) The ORCA quantum chemistry program package. *Journal of Chemical Physics* 152:224108.
21. Neese F. (2006) Importance of Direct Spin–Spin Coupling and Spin-Flip Excitations for the Zero-Field Splittings of Transition Metal Complexes: A Case Study. *Journal American Chemical Society* 128(31):10213–10222.
22. Neese F. (2012) The ORCA program system. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science* 2:73–78.
23. Nguyen P, Awwad RT, Smart DDK, Spitz DR & Gius D. (2006) Thioredoxin reductase as a novel molecular target for cancer therapy. *Cancer Letters* 236(2):164-174.
24. Nordling CO. (1953) A New Theory on the Cancer-inducing Mechanism. *British Journal of Cancer* 7(1):68-72.
25. Parr RG, Szentpaly LV & Liu S. (1999) Electrophilicity index. *J. Am. Chem. Soc.* 121:1922–1924.
26. Parr RG, Pearson RG. (1983) Absolute hardness: companion parameter to absolute electronegativity. *J. Am. Chem. Soc.* 105:7512–7516.
27. Parsonage D, Sheng F, Hirata K, Debnath A, Mckerrow JH, Reed SL, Abagyan R, Poole LB & Podust LM. X-Ray Structures of Thioredoxin and Thioredoxin Reductase from *Entamoeba Histolytica* and Prevailing Hypothesis of the Mechanism of Auranofin Action. *Journal of Structural Biology* 194:180.
28. Parthasarathi R, Subramanian V, Roy DR & Chattaraj PK. (2004) Electrophilicity index as a possible descriptor of biological activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 12(21):5533-5543.
29. Rapisard & Melillo G. (2012) Role of the VEGF/VEGFR Axis in Cancer Biology and Therapy. *Advances in Cancer Research* 114:237-267.
30. Şahin N, Bölükbaşı SŞ, Tahir MN, Arıcı C, Çevik E, Gürbüz N, Özdemir İ & Cummings BS. (2019) Synthesis, characterization and anticancer activity of allyl substituted N-Heterocyclic carbene silver(I) complexes. *Journal of Molecular Structure* 1179:92-99.

31. Serdaroğlu G & Şahin N. (2019) The synthesis and characterization of 1-(Allyl)-3-(2-methylbenzyl)benzimidazolium chloride: FT-IR, NMR, and DFT computational investigation. *Journal of Molecular Structure* 1178:212-221.
32. Serdaroğlu G, Uludağ N, Ercag E, Suguma P & Rajkumar P. (2021) Carbazole derivatives: Synthesis, spectroscopic characterization, antioxidant activity, molecular docking study, and the quantum chemical calculations. *Journal of Molecular Liquids* 330:115651.
33. Sitohy B, Nagy JA & Dvorak HF. (2012) Anti-VEGF/VEGFR Therapy for Cancer: Reassessing the Target. *Cancer Research* 72(8):1909–1914.
34. Spannuth WA, Nick AM, Jennings NB, Armaiz-Pena GN, Mangala LS, Danes CG, Lin YG, Merritt WM, Thaker PH, Kamat AA, Han LY, Tonra JR, Coleman RL, Ellis LM & Sood AK. (2009) Functional significance of VEGFR-2 on ovarian cancer cells. *International Journal of Cancer* 124(5):1045-1053.
35. Tanno S, Ohsaki Y, Nakanishi K, Toyoshima E & Kikuchi K. (2004) Human small cell lung cancer cells express functional VEGF receptors, VEGFR-2 and VEGFR-3. *Lung Cancer* 46(1):11-19.
36. Trott O & Olson AJ. (2010) AutoDock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. *Journal of Computational Chemistry* 31(2):455-461.
37. Üstün E, Düşünceli SD & Özdemir İ. (2019) Theoretical analysis of frontier orbitals, electronic transitions, and global reactivity descriptors of M(CO)₄L₂ type metal carbonyl complexes: a DFT/TDDFT study. *Structural Chemistry* 30:769–775.
38. Viciu MS, Kelly RA, Stevens ED, Naud F, Studer M & Nolan SP. (2003) Synthesis, Characterization, and Catalytic Activity of N-Heterocyclic Carbene (NHC) Palladacycle Complexes. *Organic Letters* 5(9):1479–1482.
39. Vijayaraj R, Subramanian V & Chattaraj PK. (2009) Comparison of Global Reactivity Descriptors Calculated Using Various Density Functionals: A QSAR Perspective. *Journal of Chemical Theory and Computation* 5(10):2744–2753.
40. Waks AG & Winer EP. (2019) Breast Cancer Treatment. *JAMA* 321(3):288-300.

Seleksiyonun Japon bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) bazı verim özelliklerine etkilerinin belirlenmesi

Sezai ALKAN^{1,*}, Kemal KARABAĞ²

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Ordu

² Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Antalya

(Geliş Tarihi/Received Date: 16.02.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 05.05.2021)

Öz

Bu çalışmada, canlı ağırlığı değiştirmek amacıyla 15 kuşak seleksiyon uygulanan Japon bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) bazı verim özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hayvan materyali olarak canlı ağırlığı arttırmak ve azaltmak amacıyla seleksiyon uygulanmış iki genotip ile rastgele çiftleşmiş bıldırcınlardan oluşan kontrol genotipi kullanılmıştır. Seleksiyon yöntemi olarak kitle seleksiyonu ve seleksiyon ölçütü olarak da 5. hafta canlı ağırlığı kullanılmıştır. Araştırmada, canlı ağırlık, toplam yumurta ağırlığı, toplam yumurta sayısı, ortalama yumurta ağırlığı, günlük yem tüketimi, toplam yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı belirlenmiştir. Toplam yumurta sayısı hariç, diğer özellikler bakımından genotipler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Araştırmanın sonucunda, yüksek canlı ağırlık, düşük canlı ağırlık ve kontrol genotiplerinin canlı ağırlıkları sırasıyla 350.20 g, 166.19 g ve 237.10 g olarak bulunmuştur. En yüksek yumurta ağırlığı (10.61 g) yüksek canlı ağırlık genotipinde, en düşük yumurta ağırlığı ise (7.25 g) düşük canlı ağırlık genotipinde belirlenmiştir. En iyi yemden yararlanma oranı (3.23) düşük canlı ağırlık grubunda elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Japon bıldırcını, Canlı ağırlık, Yumurta verimi, Yemden yararlanma oranı

Determination of the effects of selection on some yield traits in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)

Abstract

In this study, some yield traits were determined in selected Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) for 15 generations in order to change the body weight. Two genotypes selected to increase and decrease body weight and the control genotype consisting of randomly mated quails were used as the animal material. Mass selection was used as the selection method and the body weight at the age of 5 weeks was used as the selection criteria. In the study, body weight, total egg weight, total egg number, average egg weight, daily feed intake, total feed intake and feed efficiency values were determined. In terms of the traits

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: sezaialkan61@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0601-0122>
Kemal KARABAĞ: karabag@akdeniz.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4516-6480>

other than the total number of eggs, a significant difference was determined among the genotypes. According to the obtained results, body weight values were found as 350.20±4.34 g, 166.19±1.98 g and 237.10±3.26 g for high body weight line, low body weight line and the control line, respectively. The highest average egg weight (10.61±0.23 g) was determined in the high body weight line while the average lowest egg weight (7.25±0.14 g) being determined in the low body weight line. The best feed efficiency ratio (3.23±0.16) was obtained in low body weight line.

Keywords: Japanese quail, Body weight, Egg yield, Feed efficiency ratio

1. Giriş

Günümüzde hızla artan dünya nüfusunun hayvansal protein ihtiyacını karşılamak için bir yandan mevcut kaynaklar zorlanırken, diğer yandan da yeni kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi çalışmaları sürdürülmektedir. Dünyada kümes hayvanları, özellikle de tavuklar, başlıca hayvansal protein kaynakları arasında yer almaktadır. Kümes hayvanları içerisinde yer alan kanatlı hayvanlardan biri de bıldırcınlardır. Dünyada ve Türkiye’de bıldırcın yetiştiriciliği istenilen seviyede olmasa da, son yıllarda alternatif bir seçenek olarak kanatlı hayvan yetiştiriciliği içerisinde yer almaya başlamıştır. Türkiye’de 2019 yılında yaklaşık 607000 adet bıldırcın kesilmiş ve 80 ton bıldırcın eti elde edilmiştir (TÜİK, 2021).

Bıldırcınlar üzerinde yapılan araştırmaların önemli bir kısmı, ekonomik önemi olan özelliklerin iyileştirilmesi ve yetiştiricilikte faydalanılabilecek bilgilerin elde edilmesine yöneliktir. Ancak, yapılan çalışmaların önemli bir bölümü diğer evcil kanatlı hayvanlar için de geçerli olacak temel bilgilerin elde edilmesi yönünde olmuştur. Toplumların hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında çeşitli üretim kaynaklarının harekete geçirilmesi düşüncesiyle bıldırcın yetiştiriciliği üzerinde uzun yıllardan beri çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde bıldırcın bir deneme hayvanı olmaktan daha çok eti ve yumurtası için yetiştirilen bir kanatlı çiftlik hayvanı haline gelmiştir (Durmuş ve ark. 2017).

Bıldırcın, jenerasyonlar arası süresinin kısalığı, seleksiyonun etkilerinin kısa sürede alınabilmesi, genetik ıslah çalışmalarına uygunluğu, birim alanda fazla hayvan bulundurulması, kolayca yetiştirilebilmesi, hastalıklara karşı diğer kanatlı çiftlik hayvanlarına göre daha dayanıklı olması, az yem tüketmesi ve kısa sürede eşeyssel olgunluğa ulaşması gibi nedenlerle kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde model hayvan olarak önem kazanmıştır (Alkan ve ark. 2008a,b; Koçak & Özkan 2000; Toelle ve ark. 1991). Bıldırcınlarda değişik şartlarda çeşitli seleksiyon çalışmaları yapılmış, farklı çevre şartlarına çabuk uyum sağladıkları ve seleksiyona iyi cevap vererek yeni hatların oluşturulmasına katkı gösterdikleri saptanmıştır (Balcıoğlu ve ark. 2005; Marks 1980).

Balcıoğlu ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, bıldırcınlarda yüksek canlı ağırlık yönünde yapılan seleksiyonun yumurta verimini azalttığı, buna karşın yumurta ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Karabağ ve ark. (2005) 5. hafta canlı ağırlığına göre 15 kuşak yüksek ve düşük canlı ağırlık yönünde seleksiyon yapılmış bıldırcın hatları ile kontrol hattını yumurta verimi bakımından karşılaştırmışlar ve hatlar arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır. Yine birçok araştırmada canlı ağırlık yönünde yapılan seleksiyonun belirli bir canlı ağırlıktan sonra yumurta veriminde azalmalara neden olduğu belirtilmiştir (Alkan ve ark. 2008a,b; Leeson ve ark. 1991; Marks 1993; Nacar ve ark. 1997).

Bu araştırmada 15 kuşak farklı yönlerde (yüksek canlı ağırlık ve düşük canlı ağırlık) seleksiyon uygulanmış Japon bıldırcınlarında bazı verim özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü'nde bulunan bıldırcın kümesinde yürütülmüştür. Çalışmada hayvan materyali olarak 15 jenerasyon 5. hafta canlı ağırlığı bakımından seleksiyon uygulanmış yüksek canlı ağırlık grubu, düşük canlı ağırlık grubu ve rasgele çiftleşen kontrol grubuna ait bıldırcınlar kullanılmıştır. Bütün genotipler bireysel seleksiyon uygulanarak kontrol genotipinden elde edilmiştir. Seleksiyon yoğunluğu dişilerde %10, erkeklerde ise %30 olarak uygulanmıştır. Seleksiyonda bıldırcınların beşinci hafta canlı ağırlıklarına ait fenotipik değerler kullanılmıştır. Genotiplerden toplanan yumurtalar 15-18°C sıcaklık ve %75-80 nem koşullarında bir gün tutulduktan sonra kuluçka makinesine konulmuştur. Kuluçka makinesinde ilk 14 gün 37.7 °C sıcaklık ve %55 nem oranı, son üç gün ise 37.2 °C sıcaklık ve %75 nem oranı uygulanmıştır.

Kuluçka makinesinden çıkan civcivler kanat numarası takıldıktan ve bireysel olarak tartıldıktan sonra termostat ısıtmalı ve otomatik suluklu ana makinelerine konulmuştur. Bıldırcınların beslenmesinde yumurtadan çıkıştan beşinci haftanın sonuna kadar %24 ham protein ve 2900 kkal/kg metabolik enerji içeren yem serbest olarak hayvanlara verilmiştir. Beşinci haftadan sonra dişi ve erkek bıldırcınlar bireysel gözlü ve nipel suluklu kafeslere aktarılmış olup %20 ham protein ve 2800 kkal/kg metabolik enerjili bıldırcın damızlık yemiyle serbest olarak beslenmişlerdir. Araştırmada kullanılan karma yemin besin maddesi içerikleri NRC (1994) verilerine uygun olarak hazırlanmış olup Çizelge 1'de verilmiştir. İlk iki hafta 24 saatlik aydınlatma, daha sonra ise beşinci haftanın sonuna kadar 12 saatlik aydınlatma uygulanmıştır. Beşinci haftadan denemenin sonuna kadar ise 16 saatlik aydınlatma yapılmıştır. Yumurta kayıtları 5. haftadan sonra 15. haftaya kadar 10 hafta süreyle haftalık olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan yemin besin maddesi içerikleri

Büyütme dönemi karma yemi		Yumurtlama dönemi karma yemi	
Hammadde	Oranı (%)	Hammadde	Oranı (%)
Mısır	53.60	Mısır	57.32
Soya Fasulyesi küspesi	25.94	Soya Fasulyesi küspesi	19.35
Ayçiçeği küspesi	10.00	Ayçiçeği küspesi	9.00
Et-kemik unu	8.00	Et-kemik unu	9.00
Bitkisel yağ	1.85	Bitkisel yağ	1.14
Vitamin	0.20	Vitamin	0.40
Lisin	0.16	Lisin	0.19
Metiyonin	0.10	Metiyonin	0.14
Mineral	0.10	Mineral	0.20
Tuz	0.05	Tuz	0.10
		Mermer tozu	3.16
Toplam	100.00		100.00

Her hafta toplam yumurta sayısı ve ağırlığı belirlenmiş olup canlı ağırlıklar da aynı hafta bireysel olarak saptanmıştır. Her hafta her bir hayvanın yumurtladığı yumurtalar sayılmış ve tartılmış, böylece toplam yumurta sayısı ve toplam yumurta ağırlığı değerleri elde edilmiştir. Ortalama yumurta ağırlığı ise toplam yumurta ağırlığının toplam yumurta sayısına oranı şeklinde hesaplanmıştır. On hafta boyunca bıldırcınların yem tüketimleri (g) bireysel olarak belirlenmiştir. Toplam yem tüketimi toplam yumurta ağırlığına oranlanarak yemden

yararlanma oranları belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin analizinde SPSS (2008) paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Genotipin canlı ağırlık, toplam yumurta sayısı, toplam yumurta ağırlığı, ortalama yumurta ağırlığı, toplam yem tüketimi, günlük yem tüketimi ve yemden yararlanma oranına olan etkisi Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelgeden anlaşıldığı gibi 15. hafta canlı ağırlıkları bakımından genotipler arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmış olup yüksek canlı ağırlık yönünde seleksiyon uygulanan bildircinlar (350.20±4.34 g) düşük canlı ağırlık yönünde seleksiyon uygulanan bildircinlardan (166.19±1.98 g) neredeyse iki kat daha fazla canlı ağırlığa ulaşmıştır. Kontrol, yüksek canlı ağırlık ve düşük canlı ağırlık genotiplerine ait ortalama yumurta ağırlıkları sırasıyla 9.41±0.16 g, 10.61±0.23 g ve 7.25±0.14 g olarak belirlenmiş ve aralarındaki farklar önemli çıkmıştır.

Çizelge 2’ de görüldüğü gibi canlı ağırlığın artmasına bağlı olarak yumurta ağırlığında da önemli artışlar meydana gelmiştir. Canlı ağırlık yumurta ağırlığını etkileyen önemli faktörlerin başında gelmektedir (Di Masso ve ark. 1998). En yüksek yumurta ağırlığı canlı ağırlığı en yüksek olan yüksek canlı ağırlık genotipinde, buna karşın en düşük yumurta ağırlığı da canlı ağırlığı en düşük olan düşük canlı ağırlık genotipinde elde edilmiştir. Yüksek canlı ağırlık grubu ile düşük canlı ağırlık grubu arasında ortalama yumurta ağırlığı bakımından yaklaşık olarak 3.36 g fark ortaya çıkmıştır.

Kontrol, yüksek canlı ağırlık ve düşük canlı ağırlık genotiplerine ait ortalama yumurta sayıları sırasıyla 59.94±0.83, 57.88±1.01 ve 59.00±0.82 belirlenmiştir. Nariç ve ark. (2013) Japon bildircinlarında yaptıkları çalışmada, 24, 32, 40 ve 52 haftalık sürelerdeki yumurta verimini sırasıyla 139.02, 180.78, 216.31 ve 253.08 adet olarak belirtmişlerdir. Yine Nariç & Aksoy (2014) tarafından yapılan çalışmada, Japon bildircini ana hattı seleksiyon sürüsünde 20 haftalık yaştaki yumurta verimi 76.16 adet olarak bulunmuştur. Toplam yumurta sayısı bakımından gruplar arasında önemli farklılık ortaya çıkmamasına karşın toplam yumurta ağırlığı bakımından gruplar arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu durum gruplar arasındaki ortalama yumurta ağırlığının farklı olmasından kaynaklanmıştır. Yüksek canlı ağırlığa sahip bildircinlarda yumurta sayısındaki azalmanın, bu hayvanların fazla yem tüketme eğilimlerine bağlı olarak fazla yağlanmalarından ileri geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 2’de görüldüğü gibi yemden yararlanma oranı kontrol, yüksek canlı ağırlık ve düşük canlı ağırlık genotiplerinde sırasıyla 4.40±0.17, 4.64±0.15 ve 3.23±0.16 olarak hesaplanmış olup düşük canlı ağırlık grubu ile diğer gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Kontrol, yüksek canlı ağırlık ve düşük canlı ağırlık genotipleri günlük olarak sırasıyla 34.80±0.92 g, 40.34±0.65 g ve 18.61±0.50 g yem tüketmiş olup genotipler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Yüksek canlı ağırlık genotipine ait bildircinlar düşük canlı ağırlık genotipine ait bildircinlardan günlük ortalama olarak 21.73 g daha fazla yem tüketmişlerdir.

Çizelge 2. Genotipin bazı verim özelliklerine etkisi

Verim Özellikleri	Genotipler		
	Kontrol grubu	Yüksek canlı ağırlık grubu	Düşük canlı ağırlık grubu
Canlı ağırlık (g)	237.10±3.26 ^b	350.20±4.34 ^a	166.19±1.98 ^c
Toplam yumurta sayısı (adet)	59.94±0.83	57.88±1.01	59.00±0.82
Toplam yumurta ağırlığı (g)	658.76±11.07 ^b	507.49±10.45 ^c	742.54±15.87 ^a
Ortalama yumurta ağırlığı (g)	9.41±0.16 ^b	10.61±0.23 ^a	7.25±0.14 ^c
Toplam yem tüketimi (g)	2435.69±64.55 ^b	2823.78±45.54 ^a	1302.50±34.95 ^c
Günlük yem tüketimi (g)	34.80±0.92 ^b	40.34±0.65 ^a	18.61±0.50 ^c
Yemden yararlanma oranı	4.40±0.17 ^a	4.64±0.15 ^a	3.23±0.16 ^b
Ortalama yumurta verimi (%)	0.86±0.01	0.84±0.01	0.83±0.01

^{a,b,c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir. (P < 0.01)

Yapılan birçok çalışmada, yumurta ağırlığı ile canlı ağırlık arasında pozitif ve önemli ilişki olduğu bildirilmiştir. Alkan ve ark. (2008a) tarafından 11 kuşak yüksek ve düşük canlı ağırlık yönünde seleksiyon uygulanmış Japon bildircinlarında yapılan çalışmada ortalama yumurta ağırlığı kontrol grubunda 11.22 g, yüksek canlı ağırlık grubunda 12.86 g ve düşük canlı ağırlık grubunda ise 9.95 g olarak bulunmuştur. Yine Alkan ve ark. (2008b) 11 kuşak yüksek ve düşük canlı ağırlık yönünde seleksiyon uygulanmış bildircinlarla Antalya yöresinde yaz mevsiminde yaptıkları çalışmada ortalama yumurta ağırlığını kontrol grubunda 10.15 g, yüksek canlı ağırlık grubunda 11.26 g ve düşük canlı ağırlık grubunda ise 9.16 g olarak bulmuşlardır. Di Masso ve ark. (1998) canlı ağırlık ile yumurta ağırlığı arasında önemli ilişkilerin olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle canlı ağırlığın artmasına bağlı olarak yumurta ağırlığının artması beklenen bir durumdur. Camcı ve ark. (2002) seleksiyon uygulanmamış Japon bildircinlarında ortalama yumurta ağırlığını 12 g, Şahin ve ark. (2002) ile Altan ve ark. (1998) ise 11.40-12.0 g olarak saptamışlardır. Yine Koçak ve ark. (1995) Japon bildircinlarında ortalama yumurta ağırlığını 10.44 g olarak bildirmişlerdir. Kanatlı hayvan türlerinde canlı ağırlığın artması yönünde yapılan seleksiyonlar sonucunda hayvanların canlı ağırlıkları belirli bir noktaya kadar arttırılabilmektedir. Ancak, canlı ağırlıklar belirli bir noktaya ulaştıktan sonra ise yumurta ağırlığının artmasına karşın, yumurta veriminde azalmalar meydana gelmektedir (Alkan ve ark. 2008a,b; İnal ve ark. 1996; Nacar ve ark. 1997). Narinç ve ark.(2014) tarafından yapılan çalışmada, canlı ağırlık ile yumurta verimi arasında negatif yönlü hem fenotipik hem de genetik korelasyon olduğu belirtilmiştir.

Canlı ağırlığın artmasına bağlı olarak günlük yem tüketimi de artmış olup en fazla yem tüketimi yüksek canlı ağırlık grubunda elde edilmiştir. En iyi yemden yararlanma oranı ise düşük canlı ağırlık grubunda (3.23) elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen yemden yararlanma oranları Şengül & Yıldız (1997) ve Gezen & Petek (2003) tarafından bildirilen değerlerden (2.22-2.93) daha düşük bulunmuştur. Kılıç (2005) tarafından Japon bildircinleri kullanılarak yapılan çalışmada yemden yararlanma oranının 3.5-2.6 arasında değiştiği belirlenmiştir. Özdemir & Azman (2013) tarafından yapılan çalışmada yemden yararlanma oranının 5.35 olduğu belirtilmiştir. Yine, Midilli ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada yemden yararlanma oranının 2.65-2.89 arasında, Güler ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise 2.81-3.01 arasında değiştiği saptanmıştır. Bildircinlarda büyüme eğrisini modifiye etmek amacıyla seleksiyon uygulayan Hyankova ve ark. (2001), 3-5. haftalar arasında yem tüketimlerini kontrol grubu ile büyüme hızı arttırılmış ve azaltılmış sürülerde sırasıyla 292.6, 336.0 ve 261.8 g, yem dönüşüm oranlarını da aynı sırayla 4.93, 4.29 ve 5.47 olarak bulmuşlardır. Narinç & Aksoy (2012), yem kısıtlaması uygulanmamış kontrol grubu

bildircinlarında ilk dört haftalık yem tüketiminin 400.37 g, yem dönüşüm oranının 2.78 olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde bildirilen çalışmalarda üzerinde durulan özellikler bakımından farklılıkların ortaya çıkmasında kullanılan genotipler ile bakım-besleme, sağlık koruma ve yetiştirme koşullarının farklı olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, canlı ağırlık yönünde yapılan seleksiyonun, artan canlı ağırlığa bağlı olarak yumurta sayısını belli bir canlı ağırlıktan sonra düşürdüğü, buna karşın artan canlı ağırlıkla ilişkili olarak yumurta ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle, yüksek canlı ağırlığa sahip damızlık bildircinların fazla yağlanarak yumurta verimlerinin düşmemesi ve üreme özelliklerinin olumsuz yönde fazla etkilenmemesi için beslenmelerine gereken özen gösterilmeli ve uygun rasyonlar hazırlanmalıdır.

Kaynaklar

1. Alkan S, Karabağ K, Galiç A, Balcıoğlu M S, Yolcu Hİ & Karşlı T (2008a). Yaz Mevsiminde Yetiştirilen Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Canlı Ağırlığın Yumurta Verimine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **21**(1): 35-40
2. Alkan S, Karabağ K, Galiç A & Karşlı T (2008b). Antalya Yöresinde Kış Mevsiminde Yetiştirilen Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Genotip ve Canlı Ağırlığın Yumurta Verimi ve Yem Tüketimine etkileri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* **48**(2): 73-79
3. Altan Ö, Oğuz İ & Akbaş Y (1998). Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Canlı Ağırlık Yönünde Yapılan Seleksiyonun ve Yaşın Yumurta Özelliklerine Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* **22**(6): 467-473
4. Balcıoğlu M S, Karabağ K, Yolcu H İ & Şahin H (2005). Japon Bildircinlarında Canlı Ağırlığa Göre İki Yönlü Seleksiyonun Eşeyssel Olgunluk Yaşı ve Bazı Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. *GAP IV Tarım Kongresi*, s. 1727-1730
5. Camcı Ö, Erensayın C & Aktan S (2002). Relations Between Age at Sexual Maturity and Some Production Characteristics in Quails. *Archive Geflugelkunde* **66**(6): 280-282
6. Di Masso R J, Dottavio A M, Canet I E & Font M T (1998). Body Weight and Egg Weight Dynamics in Layers. *Poultry Science* **77**: 791-796
7. Durmuş İ, Alkan S, Nariç D, Karabağ, K & Karşlı T (2017). Effects of Mass Selection for Different Purposes on Egg Production Traits in Japanese Quail. *European Poultry Science*, DOI: 10.1399/eps.2017.168
8. Hyankova L, Knizetova H, Dedkova L, Hort J (2001). Divergent Selection, Shape of Growth Curve in Japanese Quail.1.Responses in Growth Parameters and Food Conversion. *British Poultry Science*, 42:583-589.
9. İnal Ş, Tekeş M A, İnal F & Dere S (1996). Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Canlı Ağırlığa Göre Yapılan Seleksiyonun Canlı Ağırlık, Canlı Ağırlık Artışı, Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Üzerine Etkileri. *Veteriner Bilimleri Dergisi* **12**(1): 5-14

10. Gezen Ş Ş & Petek M (2003). Farklı Enerji ve Protein İçeren Rasyonların Pharaoh Bildircinlarının Besi Performansları Üzerine Etkisi. *Uludağ University Journal of the Faculty of Veterinary Medicine* **22**(1):57-63
11. Güler T, Ertaş O N, Çiftçi M & Dalkılıç B (2006). Effect of Feeding Coriander (*Coriandrum sativum*, L.) on Egg Production Performance and Nutrient Retention in Laying Japanese Quails. *Journal of Applied Animal Research* **30**: 181-184
12. Karabağ K, Balcıoğlu M S, Yolcu H İ, Şahin E & Alkan S (2005). Farklı Verim Yönlerinde Selekte Edilmiş Japon Bildircinlarında Clutch Büyüklüğünün Yumurta Verimi Üzerindeki Etkileri. *GAP IV Tarım Kongresi* s. 1746-1749.
13. Kılıç H M (2005) Bildircinlarda Büyütme Dönemi Sınırlı Yemleme Uygulamasının Yumurtlama Dönemi Verim Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
14. Koçak Ç, Altan Ö & Akbaş Y (1995). Japon Bildircinlarının Çeşitli Verim Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. *Türk Veteriner ve Hayvancılık Dergisi* **19**: 65-71
15. Koçak Ç & Özkan S (2000). Bildircin, Sülün ve Keklik Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:538.
16. Leeson S, Coston L & Summers J D (1991). Significance of Physiological Age of Leghorn Pullets in Terms of Subsequent Reproductive Characteristics and Economic Analysis. *Poultry Science* **70**: 37-43
17. Marks H L (1980). Reverse Selection in a Japanese Quail Line Previously Selected for Four Week Body Weight. *Poultry Science* **59**: 1149-1154
18. Marks H L (1993). Genetics of Growth and Meat Production in Other Galliformes. Ed. Crawford, R.D. Poultry Breeding and Genetics, Elsevier, Amsterdam, pp: 677-690
19. Midilli M, Bayram İ, Erol H, Çetingül S, Çakır S, Çalıkoğlu E & Kırılan M (2009). The Effects of Dietary Poppy Seed Oil and Sunflower Oil on Performance, Reproduction and Egg Quality Parameters and Fatty Acid Profile of Egg Yolk in the Japanese Quail. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **8**: 379-384
20. Nacar H, Uluocak A N, Baylan M & Ayaşan T (1997). Bildircinlarda 5. Hafta Canlı Ağırlığa Göre Seleksiyonun Yumurta Verimi ve Yumurta Ağırlığındaki Etkileri. *Trakya Bölgesi II. Hayvancılık Sempozyumu*, 9-10 Ocak, Tekirdağ, s. 280-284
21. NRC (1994). National Research Council, Nutrient Requirement of Poultry (9th Ed.) National Academy Press, Washington, D.C.
22. Nariç D & Aksoy T (2012). Effects of Mass Selection Based on Phenotype and Early Feed Restriction on the Performance and Carcass Characteristics in Japanese Quails. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(3):425-430.
23. Nariç D & Aksoy T (2014). Et Tipi Ana Hattı Japon Bildircin Sürüsünde Çok Özellikli Seleksiyonun Fenotipik ve Genetik İlerlemelere Etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, .20:231-238.

24. Nariç D, Karaman E, Aksoy T & Fırat, M Z (2014). Genetic Parameter Estimates of Growth Curve and Reproduction Traits in Japanese Quail. *Poultry Science*, 93(1): 24-30.
25. Özdemir A & Azman M A (2013). Bıldırcın Karma Yemlerine Zeytin Yaprağı Özütü Katılmasının Verim Performansı Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi* 27(3): 141-147
26. SPSS (2008). SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.
27. Şengül Y & Yıldız A (1997). Bıldırcınlarda (*Coturnix coturnix japonica*) Farklı Yetiştirme Sistemlerinin Bazı Verim Özelliklerine Etkileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 1(2): 49-58
28. Toelle V D, Havenstein G B, Nestor K E & Harvey W R (1991). Genetic and Phenotypic Relationships in Japanese Quail. 1. Body weight, carcass, and organ measurement. *Poultry Science* 70: 1679-1688
29. TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu Verileri.
30. Yıldırım İ & Yetişir R (1998). Japon Bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Kuluçkalık Yumurta Ağırlığı ve Ebeveyn Yaşının Cıvciv Çıkış Ağırlığı ve 6. Hafta Canlı Ağırlığı Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 22: 315-319

Conducting poly(thionine) film as a support material for Pt particles: Electrocatalytic activity towards methanol oxidation

Nesrin ÇOŞKUN KURT, Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ*

Ordu University, Faculty of Science and Arts, Department of Chemistry, Ordu
(Geliş Tarihi/Received Date: 26.05.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date: 15.06.2021)

Abstract

Facile synthesis of Pt@PTH catalyst on pencil graphite electrode for electrooxidation of methanol was described. Influence of experimental conditions on the performance of the catalyst system was studied by recording cyclic voltammograms of methanol solution containing H₂SO₄ as the supporting electrolyte. The catalyst prepared under optimum conditions was physically characterized using Scanning Electron Microscopy, Energy Dispersive X-Ray Dispersion and Elemental Mapping methods. Electrochemical characterization was performed by cyclic voltammetry in H₂SO₄ solution.

Keywords: Poly(thionine), Conducting polymer, Pt particles, Methanol oxidation, Electrocatalysis

İletken poli(tiyonin) filminin Pt partikülleri için destek malzemesi olarak kullanılması: Metanol yükseltgenmesine karşı elektrokatalitik aktivite

Öz

Bu çalışmada kalem grafit elektrot üzerinde Pt@PTH katalizör sisteminin sentezi ve metanolün elektroyükseltgenmesi için kullanımı anlatılmaktadır. Deneysel koşulların katalizör sisteminin performansı üzerine olan etkisi, destek elektrolit olarak H₂SO₄ içeren metanol çözeltisinin dönüşümlü voltamogramları kaydedilerek saptanmıştır. Optimum koşullarda hazırlanan katalizörün fiziksel karakterizasyonu Taramalı Elektron Mikroskobu, Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektroskopisi ve Elementel Haritalama ile gerçekleştirilmiştir. Elektrokimyasal karakterizasyon için ise H₂SO₄ çözeltisinde dönüşümlü voltametri yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Poli(tiyonin), İletken polimer, Pt partikülleri, Metanol yükseltgenmesi, Elektrokataliz

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: mutlucelebi@odu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8816-6763>
Nesrin ÇOŞKUN KURT: kurtnesrinn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4889-3920>

1. Introduction

In recent years, energy-related research has focused especially on renewable energy sources, due to the rapidly increasing need for energy and the decrease in available energy resources. Therefore, fuel cells are of great concern as they are regarded as promising energy sources for the future to replace the traditional systems that use fossil fuels (Sönmez Çelebi 2016). In theory, a fuel cell using hydrogen as the fuel is the cleanest renewable energy source as it has zero toxic waste (Ong et al 2017). However, as methanol is easier to transport and store when compared with hydrogen and its energy density is higher, importance of direct methanol fuel cell (DMFC) among the studies on fuel cells has been increased dramatically in the last few decades (Sönmez Çelebi et al 2021; Li & Faghri 2013). On the other hand, electrooxidation of methanol is a slow and complex reaction in which many intermediates occur. Moreover, methanol crossover, which can be defined as diffusion of methanol from the anode to the cathode through the membrane, is one of the most notable technical barriers of DMFCs. Therefore, using an effective catalyst is crucial for obtaining optimum performance from DMFCs. The most commonly used catalysts for oxidation of methanol in acidic environment are Pt-based ones (Sönmez Çelebi et al 2008; Zhou et al 2010; Selvaraj & Alagar 2007).

The catalytic activity of the Pt particles in the electrocatalytic oxidation of methanol is particularly dependent on the support material used and the surface properties of the catalyst. Therefore, dispersing large surface area Pt particles on a suitable support material in order to develop the most efficient catalyst provides a significant increase on the activity of the catalyst. The use of conductive polymers as support material has been increasing in recent years (Lin et al 2012; Sönmez Çelebi & Pekmez 2017; Mondal & Malik 2016). The advantages of conductive polymers over other support materials are that they are mainly permeable to electroactive species, can be easily modified by different methods, and can easily be coated on many surfaces. Since these polymers have a porous structure and high surface area besides their high conductivity, they are ideal support materials for dispersion of metal particles. Thionine (TH) is a metachromatic dye belonging to the phenothiazine family and is a planar molecule having symmetrical -NH₂ groups on both sides. It dissolves easily in water and ethanol. Thionine is an excellent electronic mediator and has electrocatalytic activity as well. Electrochemical synthesis of poly(thionine) (PTH) can be performed by both cyclic voltammetry (CV) and constant potential electrolysis (Yang et al 1999; Ferreira et al 2006). In the literature, PTH has been successfully applied as a support material for fabrication of nanometal based sensor studies (Liu et al 2008; Liu et al 2018).

In this study, we prepared a Pt catalyst system using PTH conductive polymer as the support material and tested the efficiency of the obtained Pt@PTH catalyst for the electrocatalytic oxidation of methanol. A disposable pencil graphite electrode (PGE) has been used as the working electrode allowing the development of a catalyst system that is very inexpensive and easy to prepare. Optimization of the experimental conditions for the preparation of the Pt@PTH catalyst was done by recording the cyclic voltammograms of methanol solution in acidic medium. Characterization of the PTH supported Pt nanoparticles prepared under optimum conditions was done by electrochemical and physical methods.

2. Materials and Methods

Thionine acetate, H₂SO₄, K₂PtCl₄, and CH₃OH were obtained from Sigma-Aldrich and used as-received. Hydrazine solution was diluted from 80% hydrazine hydrate solution in water (Merck). All solutions were prepared using triple distilled water and purged with high purity

nitrogen gas in order to remove the dissolved oxygen. All experiments were performed at ambient temperature.

Electrochemical experiments were recorded with CHI 600E electrochemical workstation. A three-electrode system glass cell was used with a pencil graphite electrode (PGE, area = $6.48 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$) as the working electrode. The connector of the PGE (0.5 mm HB Tombow) was a Tombow pencil. A saturated calomel electrode (SCE) was used as the reference electrode and a platinum (Pt) wire was used as the counter electrode. Scanning electron microscopy (SEM) images and Energy Dispersive X-Ray Spectrum (EDS) were recorded with catalyst samples prepared on disposable PGE using JEOL model JSM-7001F.

3. Results and Discussion

The Pt@PTH catalyst system was prepared on the PGE via a simple procedure: (i) electrochemical formation of conducting PTH film on the electrode surface, (ii) dispersion of PtCl_4^{2-} complex to the polymer matrix via cyclic voltammetric scans from aqueous K_2PtCl_4 solution, (iii) chemical or electrochemical reduction of the platinum complex. The methanol CV recorded with the catalyst system prepared under optimum experimental conditions is presented in Figure 1.

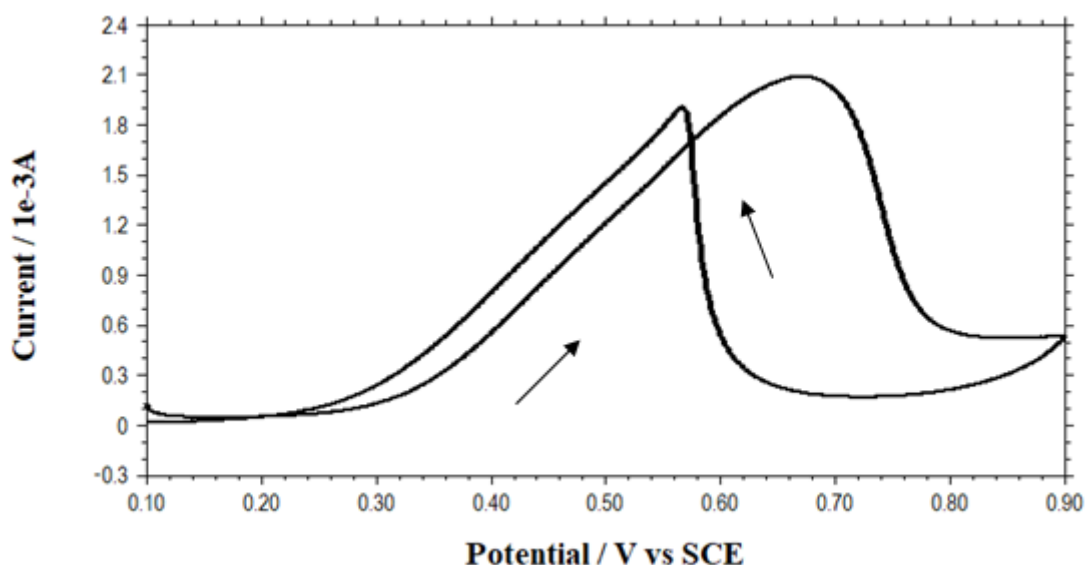


Figure 1 CV of 0.5 M CH_3OH solution containing 0.5 M H_2SO_4 recorded with Pt@PTH catalyst prepared under optimum conditions (Scan rate: 5 mV s^{-1})

3.1 Optimization of experimental parameters

In order to get the best performance from the catalyst system, we studied the optimization of the experimental parameters during the preparation of the Pt@PTH catalyst. For this purpose, CVs 0.5 M CH_3OH solution containing 0.5 M H_2SO_4 was recorded between potentials 0.1 – 0.9 V vs. SCE with a scan rate of 5 mV s^{-1} , and the oxidation peak current values were compared for different experimental conditions.

PTH film was electrodeposited onto the PGE via cyclic voltammetric scans from 0.05 M thionine acetate solution containing 0.5 M H_2SO_4 . The potential window was between

potentials -0.2 V - +1.15 V vs. SCE (Figure 2a). Formation of the polymer film on the electrode surface was confirmed by CV of the resulting film in 0.5 M H₂SO₄ solution. Figure 2b indicates the formation of the polymer as the oxidation and reduction peaks are apart from the peaks of the monomer when compared with the peaks observed in Figure 2a. It is also worth noticing that the polymer is stable on the electrode surface as the oxidation and reduction peaks do not decrease in the polycyclic voltammogram.

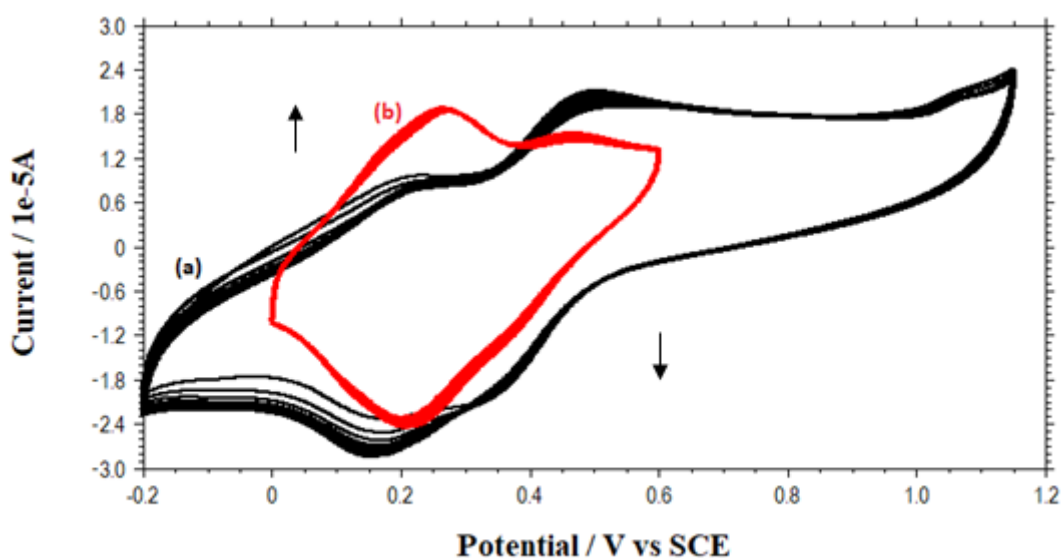


Figure 2 (a) Electrochemical formation of PTH film on PGE from 0.05 M thionine acetate solution containing 0.5 M H₂SO₄ (b) CV of PTH film in 0.5 M H₂SO₄ (Scan rate: 100 mV s⁻¹)

In order to control the thickness of the polymer film, number of cycles performed during the CV in the monomer solution was used. Figure 3 compares the oxidation peak current values for 0.5 M CH₃OH solution recorded using polymers with different thicknesses. As clearly seen from the figure, maximum peak current was observed with the film prepared using 10 cycles.

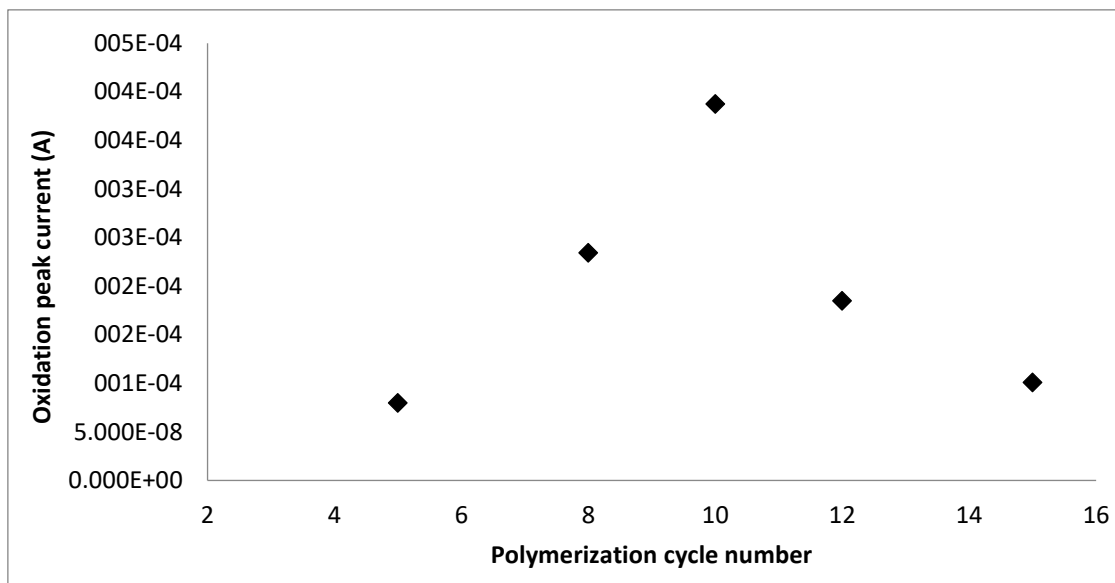
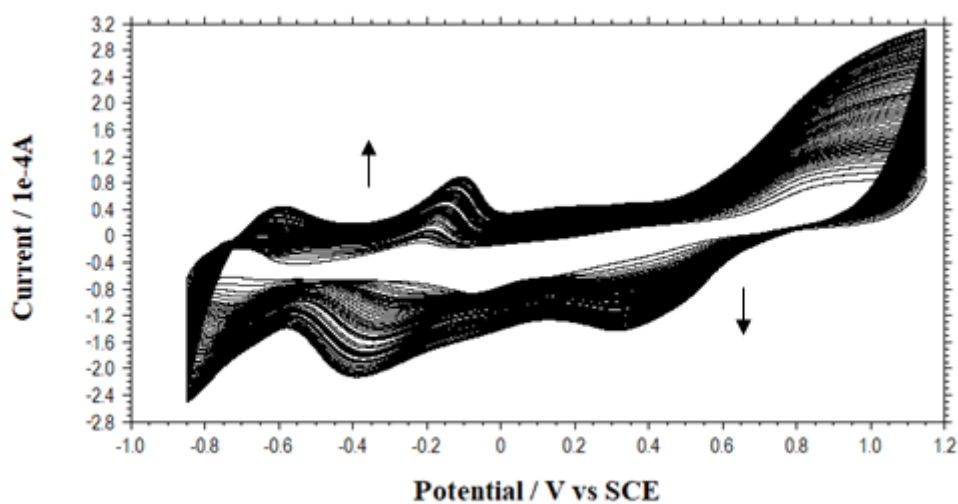


Figure 3 Influence of polymer film thickness on oxidation peak current of methanol

Amount of the Pt complex immobilized into the polymer film was controlled with the number of cyclic voltametric scans in the K_2PtCl_4 solution. A representative polycyclic voltammogram of Pt loading is given in Figure 4a. In figure 4b, influence of the Pt loading on the oxidation peak current of methanol is presented. As clearly seen from the plot of peak current vs. cycle number, best performance was obtained when the number of cycles in the Pt complex was 60.

(a)



(b)

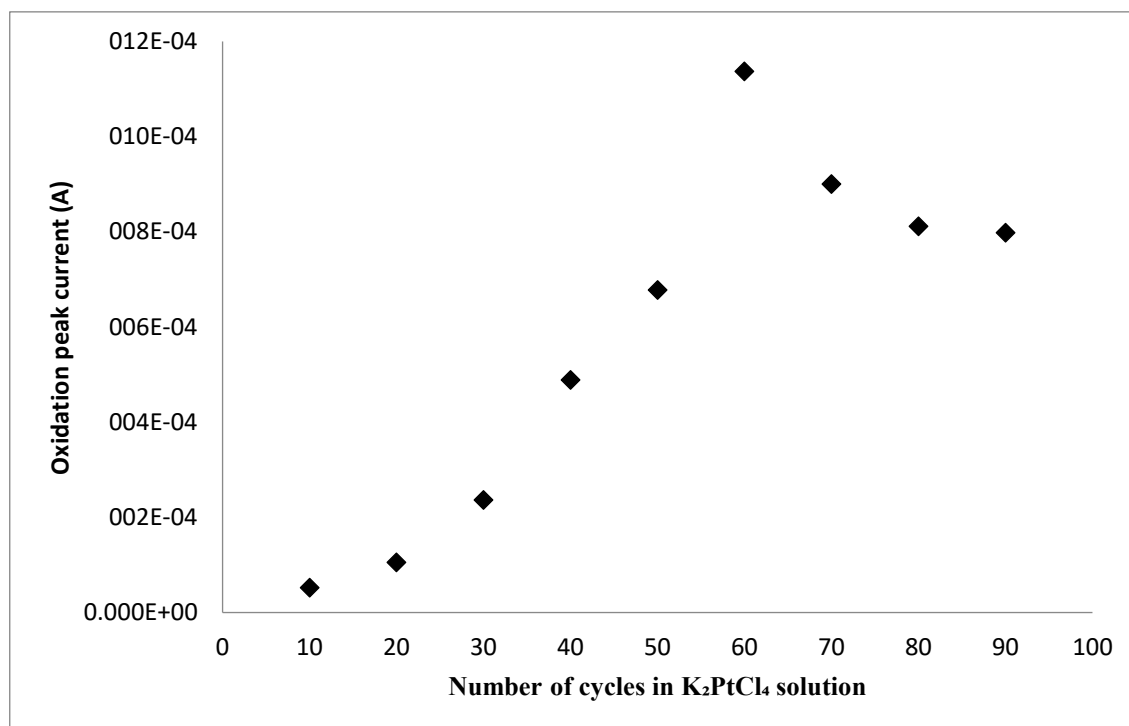


Figure 4 (a) Electrochemical loading of Pt complex onto the PTH coated PGE from 2 mM K₂PtCl₄ solution (Scan rate: 100 mV s⁻¹) (b) Influence of Pt loading on oxidation peak current of methanol

Electrochemical and chemical reduction methods were both optimized and compared for the reduction of PtCl₄²⁻ complex immobilized into the polymer film. Constant potential electrolysis was used for electrochemical reduction in 0.5 M H₂SO₄ solution. Influence of both reduction potential and reduction time on the oxidation peak current of formic acid were studied (CVs not shown) and the maximum performance was obtained at 15 min electrolysis time at -0.3 V vs. SCE. Chemical reduction was performed in aqueous hydrazine solution by simply dipping the PtCl₄²⁻ incorporated polymer film in stirred 0.1 M hydrazinium hydrate solution. The optimum reduction time for chemical reduction process were found as 30 min (CVs not shown). When the performance of the two reduction methods were compared, chemical reduction was superior according to the oxidation peak current values obtained (Figure 5).

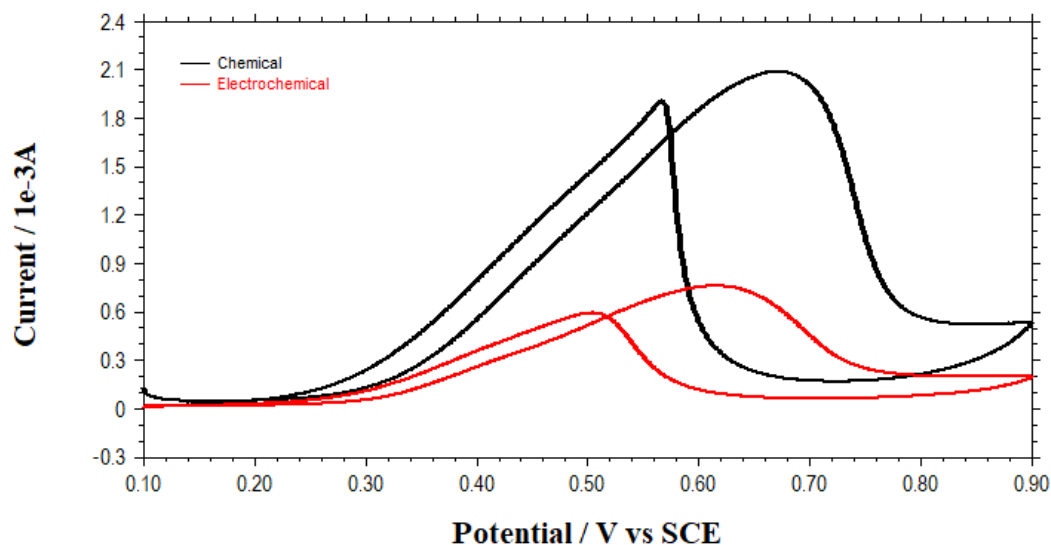


Figure 5 Comparison of electrochemical and chemical reduction methods for the reduction of Pt complex

3.2 Electrochemical characterization

For electrochemical characterization of the catalyst system, CV of 0.5 M H₂SO₄ solution was recorded using Pt@PTH coated PGE with different amounts of Pt loading (Figure 6). When the hydrogen adsorption/desorption peaks at the potential region 0.0 V – -0.25 V were compared, it was observed that the best performance was with 60 cycles of Pt loading. This behavior also supports the fact that the catalyst prepared under optimum experimental conditions has the maximum catalytic activity towards methanol oxidation.

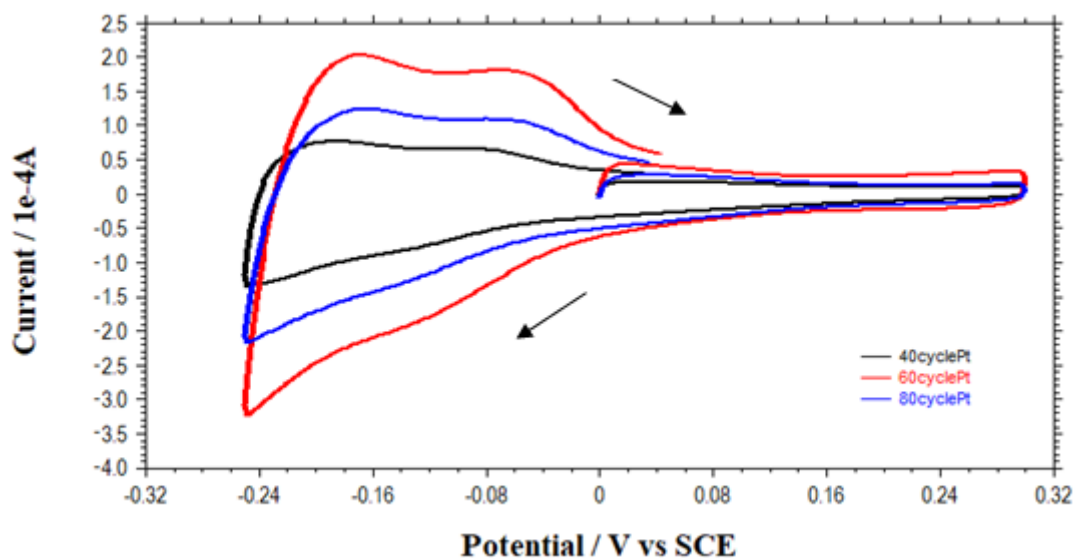


Figure 6 CVs of 0.5 M H₂SO₄ recorded with Pt@PTH catalysts with Pt loadings corresponding to 40, 60 and 80 cycles in K₂PtCl₄ solution (Scan rate: 100 mV s⁻¹)

3.3 Physical characterization

In order to evaluate the morphological features of the catalyst, SEM images have been recorded. In Figure 7, SEM images of uncoated PGE, PTH coated PGE and Pt@PTH catalyst prepared on PGE are presented. It is seen from the SEM images that, PTH coating has been formed on the electrode surface and the Pt loading is well dispersed on the polymer composite film.

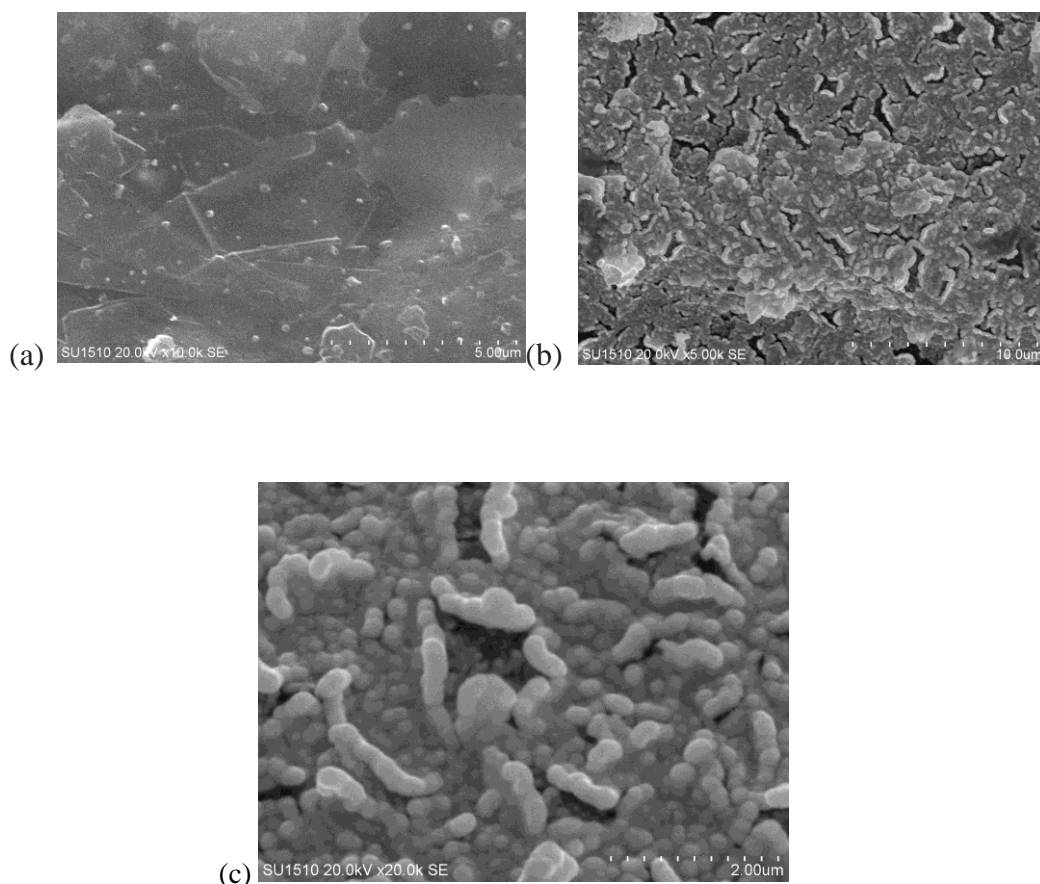
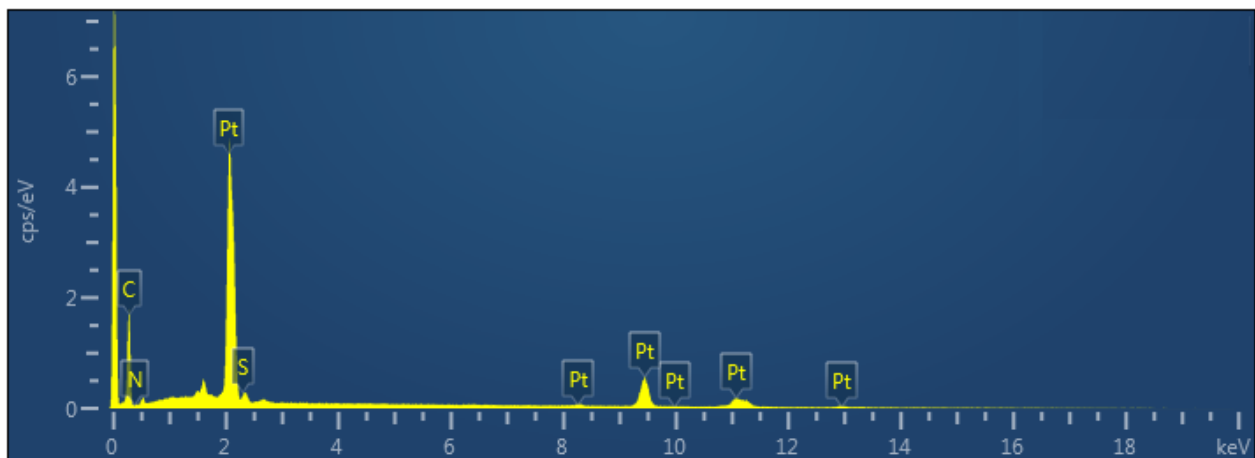
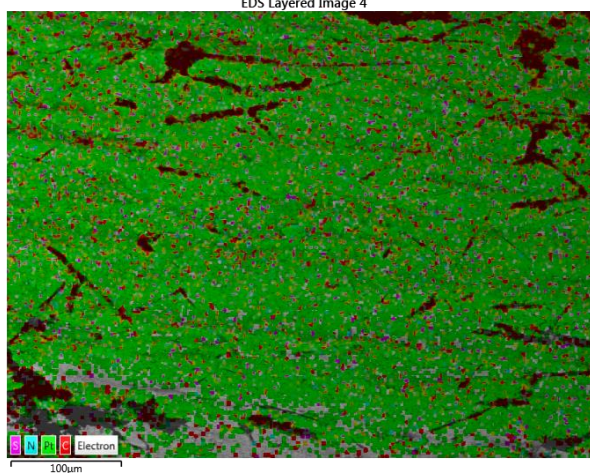


Figure 7 SEM images of uncoated (a) PGE, (b) PTH coated PGE and (c) Pt@PTH modified PGE

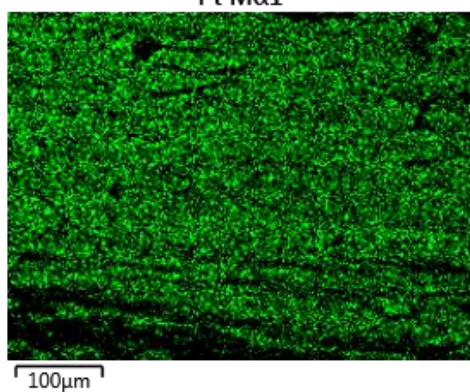
For further characterization of the catalyst, we present the EDX Spectrum and the elemental mapping profile of the catalyst system prepared under optimum conditions (Figure 8). The elemental mapping reveals that the catalyst system has an even distribution and the Pt particles and the polymer film has been well dispersed on the PGE surface.



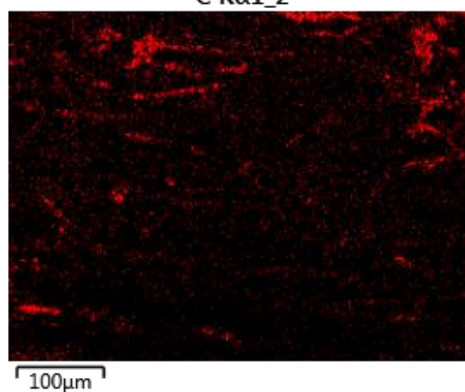
EDS Layered Image 4



Pt $M\alpha_1$



C $K\alpha_{1,2}$



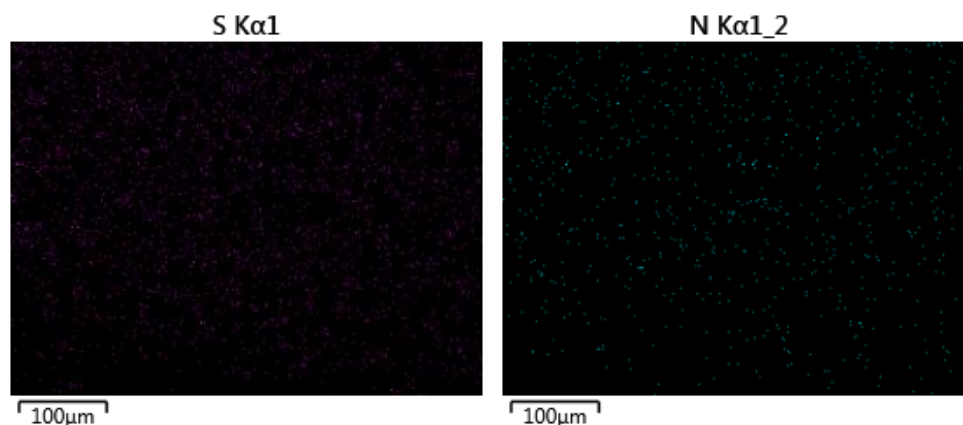


Figure 6 EDX spectrum and elemental mapping of Pt@PTH catalyst for Pt, C, S, and N atoms.

4. Conclusions

Pt@PTH catalyst system was synthesized and tested for its electrocatalytic activity towards methanol oxidation in acidic medium. Optimum experimental conditions were determined according to oxidation peak current of methanol obtained during cyclic voltammetry. The catalyst system prepared under optimum conditions was characterized with cyclic voltammetry and SEM-EDX methods.

Acknowledgement

This work was supported by the Scientific Research Projects Coordination Department of Ordu University (ODÜBAP) with grant number: TF-1615.

References

1. Ferreira V, Tenreiro A & Abrantes L M (2006). Electrochemical, microgravimetric and AFM studies of polythionine films Application as new support for the immobilisation of nucleotides. *Sensors and Actuators B* 119: 632–641
2. Li X & Faghri A (2013). Review and advances of direct methanol fuel cells (DMFCs) part I: Design, fabrication, and testing with high concentration methanol solutions. *J. Power Sources* 226: 223–240
3. Lin M, Hu X, Ma Z & Chen L (2012) Functionalized polypyrrole nanotube arrays as electrochemical biosensor for the determination of copper ions. *Analytica Chimica Acta* 746: 63-69
4. Liu H, Wang G, Chen D, Zhang W, Li C & Fang B (2008). Fabrication of polythionine/NPAu/MWNTs modified electrode for simultaneous determination of adenine and guanine in DNA. *Sensors and Actuators B* 128: 414-421
5. Liu C, Huang J & Wang L (2018). Electrochemical synthesis of a nanocomposite consisting of carboxy-modified multi-walled carbon nanotubes, polythionine and platinum nanoparticles for simultaneous voltammetric determination of myricetin and rutin. *Microchimica Acta* 185: 414

6. Mondal S & Malik S (2016). Easy synthesis approach of Pt-nanoparticles on polyaniline surface: an efficient electro-catalyst for methanol oxidation reaction. *Journal of Power Sources* **328**: 271-279
7. Ong B C, Kamarudin S K & Basri S (2017). Direct liquid fuel cells: A review. *Int. J. Hydrogen Energy* **42**: 10142–10157
8. Selvaraj V & Alagar M (2007). Pt and Pt–Ru nanoparticles decorated polypyrrole/multiwalled carbon nanotubes and their catalytic activity towards methanol oxidation. *Electrochem. Commun* **9**: 1145-1153
9. Sönmez Çelebi M, Pekmez K, Özyörük H & Yıldız A (2008). Preparation and physical/electrochemical characterization of Pt/poly(vinylferrocenium) electrocatalyst for methanol oxidation. *J. Power Sources* **183**: 8–13
10. Sönmez Çelebi M (2016) Energy Applications: Fuel Cells, In *Advanced Electrode Materials*, Edited by A. Tiwari, F. Kuralay, and L. Uzun, Wiley-VCH, Weinheim, pp. 397–434
11. Sönmez Çelebi M & Pekmez K (2017). Electrooxidation of Formic Acid Using Pt Nanoparticles Supported on Conducting Poly(Vinylferrocene) Polymer Support. *Hacettepe J. Biol. & Chem.* **45**: 351–358
12. Sönmez Çelebi M, Öztürk K & Dumangöz M (2021). Electrochemical Synthesis of Cauliflower-Like PtPd@PVF Nanocatalyst for Electrooxidation of Methanol. *Hacettepe J. Biol. & Chem* **49**(1): 79-91
13. Yang R, Ruan C, Dai W, Deng J & Kong J (1999). Electropolymerization of thionine in neutral aqueous media and H₂O₂ biosensor based on poly(thionine). *Electrochimica Acta* **44**: 1585-1596
14. Zhou W, Du Y, Ren F, Wang C, Xu J & Yang P (2010). High efficient electrocatalytic oxidation of methanol on Pt/polyindoles composite catalysts. *Int. J. Hydrogen Energy* **35**: 3270-3279

Farklı IBA uygulama şekillerinin karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi

Serdar Okan Öz , Çetin Çekiç, Kenan Yıldız*

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü

(Geliş Tarihi/Received Date:04.05.2021; Kabul Tarihi/Accepted Date:24.05.2021)

Öz

Çalışmada, farklı uygulama şekilleri ile IBA'nın çelikle çoğaltmada köklenme üzerine olan etkinliğinin artırılıp artırılamayacağı incelenmiştir. Bu amaçla karadut odun çelikleri kullanılmıştır. IBA çeliğin farklı kısımlarına, farklı formlarda ve farklı sürelerde uygulanmıştır. Çalışma sonunda alt kısımları uzun süre (24 saat) düşük konsantrasyonlu (60 ppm) hormon çözeltisinde bekletilen çeliklerde büyük oranda çürüme olduğu gözlenmiştir. En yüksek köklenme oranları alt kısımları 6000 ppm çözelti (%66.7) veya toz IBA preparatına batırılan çeliklerden (%51.2) elde edilmiştir. Çelik başına en yüksek kök sayısı (6.7) alt kısmı 6000 ppm IBA batırıldıktan sonra perlit ortamına dikilen çeliklerde tespit edilmiştir. Yapılan ortogonal karşılaştırmalar sonucunda, her ne kadar üstten yapılan uygulamaya kıyasla daha fazla çürüme gözlenirse de köklenme oranının alt kısmına hormon uygulanan çeliklerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. IBA'nın toz formuna kıyasla sıvı çözeltisinin köklenmede daha etkili olduğu görülmüştür. IBA'nın düşük dozda uzun süre uygulamasına kıyasla yüksek dozda kısa süre uygulanmasının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca köklenme ortamı olarak kum ve perlit karşılaştırılmış ve genel olarak perlit ortamında daha yüksek köklenme başarısı elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Adventif kök, *Morus nigra*, oksin, çoğaltma

The effect of different IBA application methods on the rooting of black mulberry hard wood cuttings

Abstract

In the study, it has been investigated whether the effectiveness of IBA on adventive root formation in propagation by cutting can be increased by different application methods. For this purpose, black mulberry hard-wood cuttings were used. IBA has been applied to different parts of the cuttings in different forms and for different durations. As a result of the study, high decay rates were observed on the cuttings whose proximal ends are submerged in into low concentration hormone solution (60 ppm) for a long time (24 hours). The highest rooting rates were obtained from cuttings whose proximal ends were immersed in 6000 ppm IBA solution (66.7%) or powder IBA (51.2%). The highest root number per cutting (6.7) was determined in the cutting inserted into perlite medium after their bottom part was dipped with 6000 ppm IBA. As a result of the orthogonal comparisons, it was determined that although more decay was observed in the cuttings treated with IBA from proximal ends, the rooting rate was higher in these cuttings in relative to the cutting whose upper part is dipped in hormone. It has been observed that the liquid solution of IBA is more effective in rooting compared to the powder form. It has been determined that the application of IBA for a short time at high concentration is more effective compared to low concentration application for

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: kenan.yildiz@gop.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-3455-5146> Serdar Okan Öz:  <https://orcid.org/0000-0003-3755-1482> Çetin ÇEKİÇ:  <https://orcid.org/0000-0003-1691-8361>

a long time. In the study, in addition, sand and perlite were compared as rooting medium and generally higher rooting success was obtained in perlite medium.

Key words: Adventive root, *Morus nigra*, auxin, propagation

1. Giriş

Oksin 1930'lerde keşfedildikten hemen sonra bu gelişme düzenleyicinin çeliklerde adventif kök oluşumunu teşvik ettiği anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda pratik ve etkin bir uygulama yöntemi geliştirme konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Günümüzde kullanılan en yaygın yöntem çeliklerin hazırlandıktan hemen sonra dip kısımlarının hormon çözeltisine batırılması şeklindedir. Diğer taraftan farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda diğer bazı uygulama yöntemlerinden daha iyi sonuçların alındığı bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, oksinin yüksek konsantrasyonlarının, çelik hazırlandıktan sonraki ilk 24 saat içinde uygulandığında, düşük konsantrasyonlarının ise ikinci 24 saat içinde uygulandığında daha etkili olduğu bulunmuştur (Shibaoka 1971). Bir okaliptüs türünde (*Eucalyptus nitens*) yapılan çelikle çoğaltma çalışmasında ise oksin uygulamasının, çelikler köklendirme ortamında 4-5 hafta bekletildikten sonra yapıldığında daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Luckman & Menary. 2002).

Yaygın olarak kullanılan çeliğin dip kısmının oksin çözeltisine batırılması yanında, uç kısmının (distal) oksin çözeltisine batırılması, tamamının batırılması gibi farklı uygulamalar da denemelerde konu edilmiştir. Krisantini ve ark (2003) iki gravilya çeşidi ile yaptıkları denemelerde oksini çeliklerin üst ve alt kısımlarına uygulamışlar ve üst kısmı IBA çözeltisine batırılan çeliklerden daha iyi köklenme elde ettiklerini bildirmişlerdir. McGuire & Sorensen (1966) 12 farklı süs bitkisi ile yaptıkları çalışmalarda çeliklerin dip veya üst kısımlarına oksin uygulamışlar ve çeşitlere bağlı olarak farklı sonuçlar elde ettiklerini vurgulamışlardır.

Oksin çeliklere toz halinde de uygulanabilmektedir. Bu uygulama, çeliklerin dip veya üst kısımlarının, talk pudrası-oksine karışımına batırılması şeklinde yapılmaktadır. Toz preparata batırmadan önce çeliğin ıslatılması oksinin alınma etkinliğini artırmaktadır. Toz preparatların bazı dezavantajları yanında kolay uygulanması ve kolay saklanması gibi avantajları da bulunmaktadır. Ticknor (1981) 10 farklı süs ağaç ve çalısı ile yaptığı çalışmada toz ve sıvı oksin uygulamalarını karşılaştırmış ve çeşitlere bağlı olarak farklı sonuçlar aldığı kaydetmiştir.

Oksin uygulama metodlarından bir diğeri nispeten konsantrasyonu düşük (yaklaşık 20 ile 250 ppm aralığında) çözeltiler içinde çelikleri daha uzun süre (yaklaşık 2 ile 48 saat arasında) bekletmek şeklindedir. Bazı çalışmalarda, bu şekildeki uygulamada, çeliğin oksin alımının daha iyi olduğu ve zor köklenen çeşitlerde daha iyi sonuç alındığı bildirilmiştir (Macdonald 1987; Blazich 1988; Blythe ve ark 2007).

Karadut daldırma yanında çelikle çoğaltmanın yaygın olarak kullanıldığı bir meyve türüdür. Bu türde çelikle çoğaltma pratikte kullanılmasına rağmen her zaman istenen başarı elde edilememektedir. Karadutta oksin uygulaması ile köklenme başarısını artırmaya yönelik pek çok çalışma yapılmış ve birbirinden oldukça farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmaların tamamında oksin uygulaması çeliklerin dip kısımlarının dikimden hemen önce oksin solüsyonuna kısa süreli batırılması şeklinde yapılmıştır. Her ne kadar sonuçlar kaydedilmese de kara dutta odun çelikleri ile çoğaltılması konusunda yaptığımız çalışmalarda oksin uygulanmış bazı çeliklerin dip kısımdan çürümeye başladığı görülmüştür. Köklenmenin erken safhasında gözlenen bu şekildeki çürümeler köklenme ortamındaki aşırı nem ve yetersiz havalanma ile ilgili olabileceği gibi, kara dutta köklenmeyi

teşvik etmek amacıyla kullanılan yüksek dozdaki hormon uygulama şekliyle de ilgili olabilir. Bu durum göz önüne alınarak bu çalışmada köklenme üzerine farklı köklenme ortamı (kum, perlit) ve oksin uygulama şekillerinin etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Yaptığımız literatür araştırmasında karadutta oksin uygulama şeklinin köklenme üzerine etkisi konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmadan elde edilecek sonuçlar hem karadut hem de diğer bitkilerin çelikle çoğaltılmasına pratik anlamda katkı sunabilecek niteliktedir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü araştırma ve uygulama seralarında kurulmuş olan çelikle çoğaltma ünitesinde yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak tek bir karadut genotipinden alınan sürgünlerin orta kısmındaki 15-20 cm uzunluğundaki odunlaşmış odun çelikleri kullanılmıştır. Dikimden önce hazırlanan çelikler %0,3'lük fungusite (Benlate) batırıldıktan sonra, yaklaşık 10 dakika kurumaya bırakılmış ve bu sürenin sonunda aşağıdaki uygulamalar yapıp alttan ısıtmalı köklendirme sistemindeki kum ve perlit ortamlarına dikilmiştir. Uygulamalar, Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Karadut odun çeliklerine yapılan farklı IBA uygulamaları

Uygulama	Ortam	Hazırlanış şekli	Konsatrasyon (ppm)	Uygulandığı kısım	Uygulama süresi
U1	Kum	----	0 (kontrol)	----	----
U2	Kum	Sıvı	60	Alt uç	24 Saat
U3	Kum	Sıvı	60	Üst uç	24 Saat
U4	Kum	Sıvı	6000	Alt uç	5 saniye
U5	Kum	Sıvı	6000	Üst uç	5 saniye
U6	Kum	Toz	6000	Alt uç	1 saniye
U7	Kum	Toz	6000	Üst Uç	1 saniye
U8	Perlit	----	0 (kontrol)	----	----
U9	Perlit	Sıvı	60	Alt uç	24 Saat
U10	Perlit	Sıvı	60	Üst uç	24 Saat
U11	Perlit	Sıvı	6000	Alt uç	5 saniye
U12	Perlit	Sıvı	6000	Üst uç	5 saniye
U13	Perlit	Toz	6000	Alt uç	1 saniye
U14	Perlit	Toz	6000	Üst Uç	1 saniye

Altan ısıtma sistemine sahip olan köklendirme ortamlarında kök bölgesi sıcaklığı 22 ± 2 °C' de tutulmuştur. Köklendirme ortamında yaklaşık 90 gün bekletilen çelikler bu sürenin sonunda sökülüp, kallüslenme, köklenme ve çürüme oranları belirlenerek, köklenen çeliklerde kök sayısı ile köklerin uzunluk ve kalınlıkları ölçülmüştür.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü her tekerrürde 20 adet çelik olacak şekilde kurulmuştur. Elde edilen verilerin varyans analizi yapıldıktan sonra uygulama ortalamaları arasındaki farkların önemli olup olmadığı Duncan çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiştir. Ayrıca uygulama grupları (kum ile perlit; sıvı ile toz preparat; alt ile üstten uygulama; kısa süre yüksek doz ile uzun süre düşük doz) ortogonal olarak karşılaştırılmıştır. Köklenme oranı ve kallüs oranı normal dağılım göstermediği için açılı transformasyonu yapıldıktan sonra analizler yapılmıştır. SAS paket programı kullanılarak yapılan bütün analizler 0.05 hata payı dikkate alınmıştır.

3. Bulgular

Araştırmada bazı uygulamalarda yüksek oranda çürümeler gözlenmiştir. Bunlardan birisi U2 olup, bu uygulamada çeliklerin tamamı hiç kallüs oluşturmadan çürümüştür. Benzer şekilde U9 uygulamasında da yüksek oranda çürüme (% 95.7) gözlenmekle birlikte, U2 uygulamasından farklı olarak U9 uygulamasında çeliklerin önemli bir kısmı (%88.7) kallüs oluşturmaya rağmen çürümeye maruz kalmıştır. U6 (%33.2), U3 (%19.9) ve U10 (%4.3) uygulamalarında da bir miktar çürüme gözlenmiştir. Uygulamaların büyük çoğunluğunda çeliklerin tamamı ya da tamamına yakını kallüs oluştururken, hiçbir çeliğin kallüs oluşturmadığı U2 ile çeliklerin %82'sinin kallüs oluşturduğu U3 uygulaması diğer uygulamalardan farklı bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı IBA uygulama şekilleri ve köklendirme ortamlarının çeliklerin köklenme parametreleri üzerine etkisi

Uygulama	Çürüme oranı	Kallüs oranı	Kök oranı	Kök sayısı	Kök uzunluğu	Kök çapı
U1	0 c	100 a	6.7 ef	1.5 bc	18.4 bc	1.3 ab
U2	100 a	0 c	0 f	-	-	-
U3	19.9 bc	82 b	25.7 cde	2.6 bc	23.9 abc	0.8 b
U4	0 c	100 a	66.7 a	4.0 abc	42.1 ab	1.2 ab
U5	0 c	100 a	13.3 def	2.0 bc	18.1 bc	1.0 ab
U6	33.2 b	100 a	51.2 ab	4.1 abc	52.6 a	1.0 ab
U7	0 c	100 a	6.7 ef	1.3 c	10.3 c	0.9 ab
U8	0 c	100 a	26.3 cde	3.4 abc	27.0 abc	1.0 ab
U9	95.7 a	88.7 ab	4.3 ef	4.5 ab	30.5 abc	0.8 b
U10	4.3 c	95.7 a	35.7 bcd	2.4 bc	33.7 abc	1.4 a
U11	0 c	100 a	66.7 a	6.3 a	36.4 abc	1.3 ab
U12	0 c	100 a	29.0 bcde	2.9 bc	46.0 ab	1.2 ab
U13	0 c	100 a	42.3 bc	2.5 bc	53.0 a	1.1 ab
U14	0 c	100 a	9.0 ef	3.7 abc	36.7 abc	1.0 ab

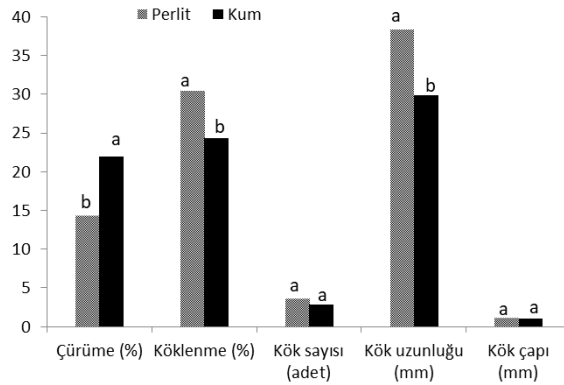
Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir ($p < 0.05$)

En fazla köklenme elde edilen ve aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan U4, U11 ve U6 uygulamalarından sırasıyla %66.7, %66.7 ve %51.2 oranında köklenme elde edilmiştir. Çeliklerin tamamının çürüdüğü U2 yanında, U9 (%4.3), U1 (%6.7), U7 (%6.7) ve U5 (%13.3) uygulamalarında da çok düşük köklenme oranları belirlenmiştir. Çelik başına ortalama kök sayısı U11 uygulamasında 6.3'e ulaşırken, bunu 4.5 ile U9, 4.1 ile U6, 4.0 ile U4, 3.7 ile U14, 3.4 ile U8 uygulamaları takip etmiştir. Diğer uygulamalarda ise çelik başına daha az sayıda kök oluşmuştur. Yapılan uygulamalar kök uzunluğunda da önemli farklılıklara neden olmuştur. Ortalama kök uzunluğu 53.0 cm (U13) ile 10.3 cm (U7) arasında değişim göstermiştir. Kök çapı açısından sadece U10 ile U3 ve U9 arasında önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar arasında kök çapı açısından önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Çizelge 2).

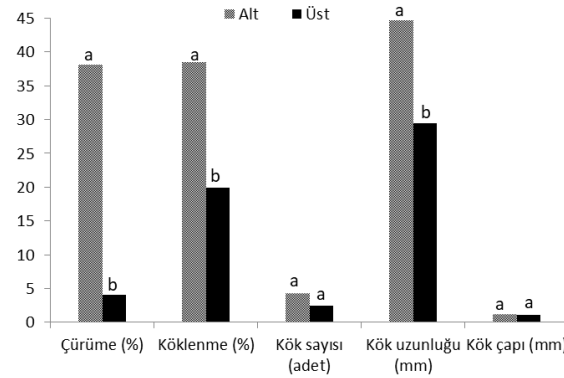
Uygulama grupları ortogonal olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 1'de de görüldüğü gibi perlit ortamına göre kum ortamında daha fazla çeliğin çürüdüğü belirlenmiştir. Köklenme yüzdesi ve köklenen çeliklerde oluşan kök uzunluğu açısından kuma kıyasla perlitin daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Köklenme ortamının değişmesi çelik başına kök sayısı ve kök çapında önemli bir değişime neden olmamıştır

Hormon uygulamasının, çeliğin alt veya üst ucundan yapıldığı uygulamalar karşılaştırıldığında, alt uçtan yapılan IBA uygulamasının çürüme oranını artırdığı

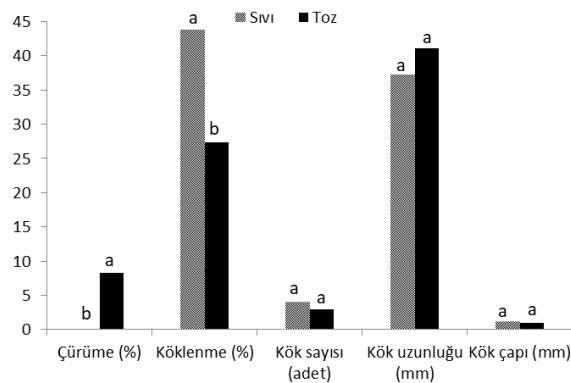
saptanmıştır. Yüksek çürüme oranına rağmen, köklenme oranı üstten yapılan uygulamalara kıyasla alt kısmı hormona batırılan çeliklerde daha yüksek bulunmuştur. Alt uçtan yapılan IBA uygulaması kök uzunluğu açısından da daha iyi sonuç vermiştir. Kök sayısı ve kök çapı değerleri açısından iki uygulama arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Şekil 2). IBA'nın çözelti ya da toz preparat halinde uygulanması da çürüme oranı ve köklenme oranında önemli değişikliklere neden olmuştur. Çürüme oranı IBA'nın toz halinde verildiği çeliklerde çözelti uygulamalarına kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Çözelti uygulamaları toz hormon uygulamalarından daha yüksek köklenme oranına sahip olmuştur. Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı açısından, toz ve çözelti uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Şekil 3).



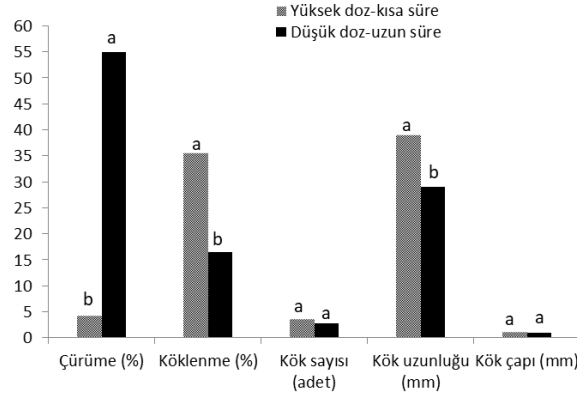
Şekil 1. Köklenme başarısı açısından perlit ve kum uygulamalarının karşılaştırılması



Şekil 2. Köklenme başarısı açısından çeliğin alt ve üst ucundan yapılan hormon uygulamalarının karşılaştırılması.



Şekil 3. Köklenme başarısı açısından sıvı veya toz halinde yapılan IBA uygulamalarının karşılaştırılması



Şekil 4. Köklenme başarısı açısından kısa süreli yüksek doz veya uzun süreli düşük doz IBA uygulamalarının karşılaştırılması

Çalışmada düşük dozda uzun süre bekletmenin (24 saat) yüksek oranda çürümeye neden olduğu gözlenmiştir. Yüksek çürüme oranının doğal sonucu olarak köklenme oranı uzun süre bekletilen uygulamalarda düşük bulunmuştur. Benzer şekilde kök uzunluğu da, uzun süre hormon çözeltilisinde bekletilen çeliklerde daha kısa çıkmıştır. Hormon uygulama süresi çelik başına kök sayısı ve kök çapında önemli bir farklılığa neden olmamıştır (Şekil 4).

4. Tartışma

Çelikte çoğaltmada, kesim yüzeyinde kallüs oluşumunun yaralamaya tepki olarak oluşan doğal bir olay olduğu bildirilmektedir (Hartmann ve ark 1990). Bu çalışmada da, çeliklerin alt kısmının 24 saat IBA çözeltilisinde bekletildiği U2 uygulaması hariç, kontrol uygulaması dâhil bütün uygulamalarda çeliklerin tamamına yakınının kallüs oluşturduğu gözlenmiştir. IBA uygulamasının çelikte çoğaltmada köklenme oranını artırdığı eskiden beri bilinmektedir. Bu çalışmada da uygulama şekli ve köklenme ortamından bağımsız olarak IBA'nın köklenme oranını artırdığı bir kez daha görülmüştür. Karadutun çelikte çoğaltılması konusunda şimdiye kadar yapılan çalışmalarda kullanılan çelik materyaline veya uygulanan yöntemlere bağlı olarak çok farklı sonuçlar bildirilmiştir. Yıldız & Koyuncu (2000) farklı uygulamaların etkisini inceledikleri çalışmalarında köklenme oranının % 0.0 ile % 89 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Koyuncu ve ark (2003) genelde düşük köklenme oranları elde ettiklerini, en iyi köklenmenin 5000 ppm IBA uygulaması ile % 33 olduğunu belirtmişlerdir. Karadeniz & Şişman (2003) tarafından bildirilen en yüksek köklenme oranını ise %23.4'tür. Bu çalışmada ise uygulamalara bağlı olarak köklenme oranı % 0.0 ile % 66.7 arasında değişmiştir.

Hem düşük çürüme oranı hem de köklenme başarısı açısından ortam olarak perlitin kumdan daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Köklendirme ortamının etkisini inceleyen önceki çalışmalarda, bizim bulgularımızın aksine kumda daha yüksek köklenme yüzdesi elde edildiğini bildiren araştırma sonuçları bulunmakla birlikte (Türkmen 2019), yapılan çalışmaların çoğunda en iyi köklenmenin perlit ortamında olduğu vurgulanmıştır (Turna & ark 2013; İzgi 2020). Perlitin bu özelliği yüksek su tutuma kapasitesi ile ilgili olabilir.

Köklenme sürecinde, çeliklerin dip kısmının çürümesi, çelikte çoğaltma çalışmalarında gözlenen bir olaydır. Bu durum daha çok havalanması düşük nem içeriği yüksek olan köklenme ortamlarında ortaya çıkmaktadır (Keskin 2016). Bu çalışmada kullanılan kum ve perlitin her ikisi de havalanması oldukça iyi olan köklenme ortamı olarak bilinmektedir. Çalışmada çürüme daha çok hormon uygulamalarının alttan yapıldığı çeliklerde gözlenmiştir. Bu durum uygulama dozu veya süresinin uzun olmasından kaynaklanabilir. Yüksek doz veya uygulama süresinin uzunluğu çeliğin dip kısmındaki hücrelere

toksik etki yapmış olabilir. Inocente ve ark (2018) farklı zeytin çeliklerinin çelikle çoğaltılması üzerine yaptıkları çalışmada, dikimden önce çelikleri düşük doz IBA çözeltisinde bekletmişler ve bir saatten fazla bekletmenin çeliklerde canlılık oranını azalttığını bildirmişlerdir.

Bazı araştırmacılar köklenme için basipetal (yukardan aşağıya) oksin taşınmasının gerekli olduğunu vurgulamıştır (Marks 1996; Ford ve ark 2002). Bu bilgiye dayanarak iki gravilla (*Grevillea* R. Br. ex Knight) çeşidi ile yapılan bir çalışmada üst ucu hormona batırılan çeliklerin alt ucu hormona batırılanlara göre daha iyi köklendikleri bildirilmiştir (Krisantini ve ark 2003). Bu çalışmada ise alt kısmı hormona batırılan çeliklerin köklenme oranı daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç üstten yapılan uygulamada uygun konsantrasyonun belirlenememesi ile de ilgili olabilir. Çelikle çoğaltmada farklı hormon uygulama şekilleri konusunda yapılan bir derlemede, Blythe ve ark. (2007) inceledikleri literatür sonuçlarına dayanarak, çeşide özgü uygun doz belirlenerek üstten hormon uygulamasının alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Bugün en çok kullanılan oksin uygulama metodu çeliklerin hazırlanan hormon solüsyonuna kısa süre batırılması şeklindedir. Bu uygulamanın hızlı ve kolay olması gibi avantajları yanında, çözelti hazırlamanın uzmanlık ve ekipman gerektirmesi, uzun süreli kullanımda buharlaşmadan dolayı konsantrasyon değişikliğinin oluşması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Hormon uygulaması çeliklerin toz halindeki oksin talk pudrası karışımına batırılması şeklinde de yapılabilmektedir. Uygulanmasının kolay olması ve ticari formülasyonlarının herhangi bir hazırlık gerektirmeden uygulanabilmesi bu uygulamanın avantajlarını oluşturmaktadır (Blythe ve ark 2007). Farklı bitkilerde toz IBA uygulaması ile başarılı sonuçların alındığını bildiren araştırma sonuçları bulunmaktadır (Song ve ark 2019; Singh ve ark 2021). Bu çalışmada ise çözelti uygulamasından daha düşük olmakla birlikte toz preparat şeklinde yapılan IBA uygulamalarının birinden % 50 civarında köklenme başarıları elde edilebilmiştir. Bu sonuç karadut çeliklerinde toz hormon uygulamasının alternatif bir uygulama olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Zor köklenen *Eucalyptus nitens* çelikleri ile yapılan bir çalışmada, klasik yöntem olan kısa süreli hormona batırma uygulamasına kıyasla 48 saat 20 ppm IBA çözeltisinde bekletmenin daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir (Luckman & Menary, 2002). Bu çalışmada ise düşük dozda uzun süre bekletme uygulamaları yüksek oranda çürümelere, buna bağlı olarak da düşük köklenme oranlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum uygulanan dozun yüksek veya sürenin uzun olmasından kaynaklanmış olabilir.

5.Sonuç

Çelikle çoğaltmada oksin uygulaması ile her zaman arzulanan başarı düzeyi elde edilemese de bugün için en etkili uygulamadır. Adventif kök oluşumunda etkili olabilecek muhtemel faktörler keşfedilinceye kadar, oksin uygulaması en faydalı yöntem olarak gözükmektedir. Farklı uygulama şekilleri ile oksinin etkinliğinin artırılması bitki çoğaltmada çok önemli bir yere sahip olan çelikle çoğaltma alanına önemli katkılar sağlayacaktır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada, karadut çeliklerinde çözelti yanında toz preparatların da alternatif olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Yine uygun dozlar belirlenerek hormon uygulamasının, çeliklerin dip kısımları yerine üst uçlarına yapılabileceği görülmüştür. Dip kısımdan yapılan uygulamaya kıyasla üst kısımlarına hormon uygulanan çeliklerde çürümenin daha az olması, özellikle yüksek doz hormon uygulamalarında üstten uygulamanın avantajlı olabileceği fikrini akla getirmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, farklı doz, uygulama süreleri dikkate alınarak yapılacak daha ayrıntılı çalışmalar sonunda daha etkili uygulama şekillerinin belirlenebileceğini göstermektedir.

Kaynaklar

1. Blazich F A (1988). Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting,. In: T.E. Davis, B.E. Haissig, and N. Sankhla (eds.). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Dioscorides Press, Portland, OR. pp. 132–149
2. Blythe E K, Sibley J L, Tilt K M & Ruter J M (2007). Methods of Auxin Application in Cutting Propagation: A Review of 70 Years of Scientific Discovery and Commercial Practice. *Journal of Environmental Horticulture* 25(3):166-185.
3. Ford Y Y, Bonham E C, Cameron R W F, Blake P S, Judd H L & Harrison-Murray R S (2002). Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy- and a difficult-to-root plant. *Plant Growth Regulation* 36:149-159
4. Hartmann H T, Kester D & Davies F T (1990). *Plant Propagation. -Principles and Practices*. Prentice Hall Inc., USA. Fifth Edition
5. Inocente V H H, Nienow A A & Tre L (2018). Time of treatment with IBA in olive cultivars rooting. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40: 1-6.
6. İzgi M N (2020). Farklı IBA (İndol-3-Bütirik Asit) Dozları ve Köklendirme Ortamlarının Bazı Tıbbi Bitkilerin Köklenmesi Üzerine Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi - Turkish Journal of Agricultural Research* 7(1): 9-16.
7. Karadeniz T & Şişman T (2003). Beyaz Dut ve Karadutun Meyve Özellikleri ve Çelikle Çoğaltılması. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu Kitabı* 23-25 Ekim Ordu s: 428-432.
8. Keskin K (2016). Çeşitli uygulamaların bazı meyve türlerinde adventif kök oluşumu ve köklenme üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
9. Koyuncu F, Vural E & Çelik M (2003). Karadut (*Morus nigra* L.) çeliklerinin köklendirilmesi üzerine araştırmalar. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu Kitabı*, 23-25 Ekim Ordu s: 424-427.
10. Krisantini S, Johnston M, Williams R R & Beveridge C (2003). Propagation of *Grevillea*. *Comb. Proc. International Plant Propagation Society* 53:154158.
11. Luckman G A & Menary R C (2002). Increased root initiation in cuttings of *Eucalyptus nitens* by delayed auxin application. *Plant Growth Regulat.* 38:31-35.
12. Macdonald B (1987). *Practical Woody Plant Propagation for Nursery Growers*. Timber Press, Portland, OR.
13. Marks T R (1996). The role of the shoot apex in controlling rhizogenesis in vitro. *Plant Growth Regul* 20: 57-60.
14. McGuire J J & Sorensen D C (1966). Effect of terminal applications of IBA on rooting of woody ornamental plants. *Comb. Proc. International Plant Propagation Society* 16:257–260.
15. Shibaoka H (1971). Effects of indoleacetic, pchlorophenoxyisobutyric and 2,4,6-richlorophenoxyacetic acids on three phases of rooting in *Azukia* cuttings. *Plant Cell Physiology* 12:193-200.
16. Singh B, Rawat J S, Gusain Y S, Khanduri V P, Riyal M K & Kumar P (2021). Shoot position, cutting types and auxin treatments influence rooting response on *Tecoma stans*. *Ornamental Horticulture* 27:213-220.

17. Song S J, Ko C H, Shin U S, Oh H J, Kim S Y & Lee S Y (2019). Successful stem cutting propagation of *Patrinia rupestris* for horticulture. *Rhizosphere* 9:90-92.
18. Ticknor R L (1981). A comparison of several hormone formulations for rooting cuttings. *Comb. Proc. International Plant Propagation Society* 31:109-112.
19. Turna İ, Kulaç Ş, Güney D, & Seyis E (2013). Boylu maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.)'in çelikle üretilmesinde hormon ve ortamın etkisi. *Ormancılık Dergisi* 9(2): 93-104
20. Türkmen O S (2019). Endemik Sarıkız Çayı *Sideritis trojana* Bornm bitkisinin çelikle çoğaltım şartlarının belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat. Fakültesi Dergisi. (COMU J. Agric. Fac.)* 7 (1): 175-179
21. Yıldız K & Koyuncu F (2000). Karadutun (*M. nigra* L) odun çelikleri ile çoğaltılması üzerine bir araştırma. *Derim* 17(3): 130-135.